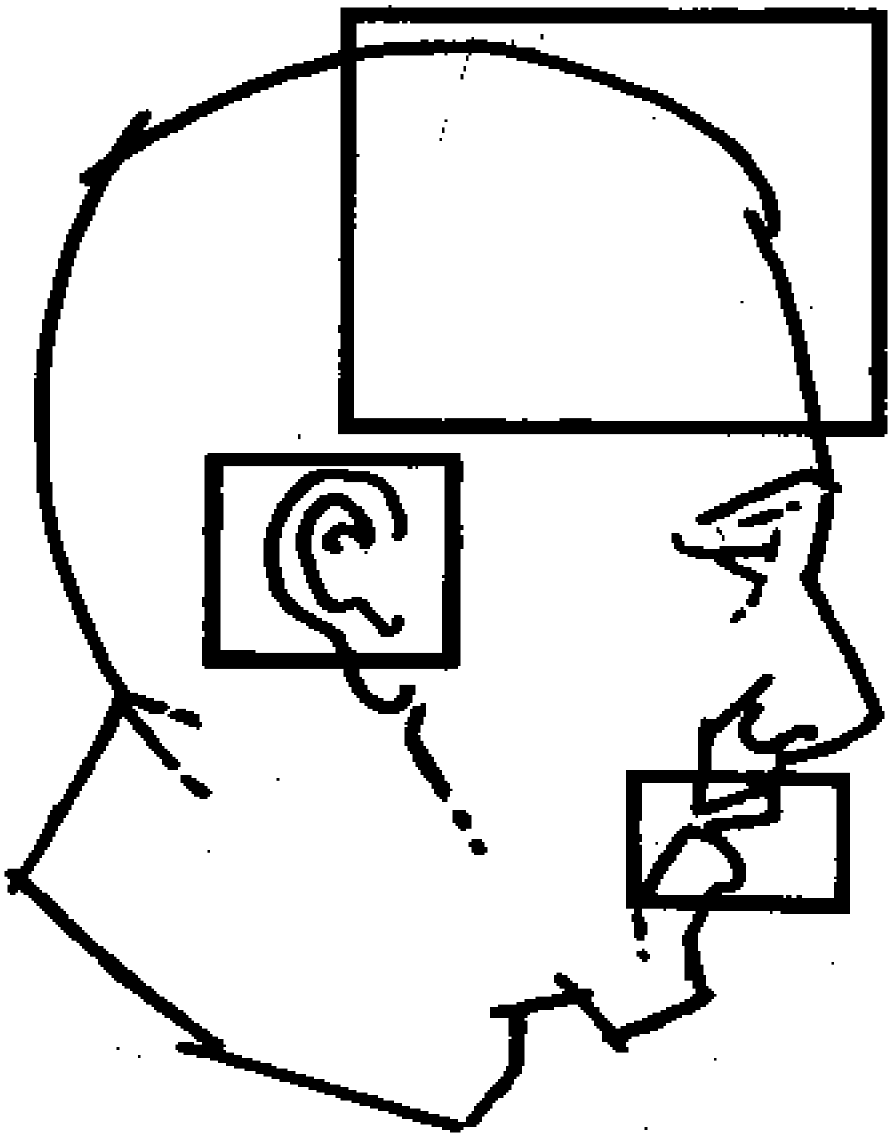
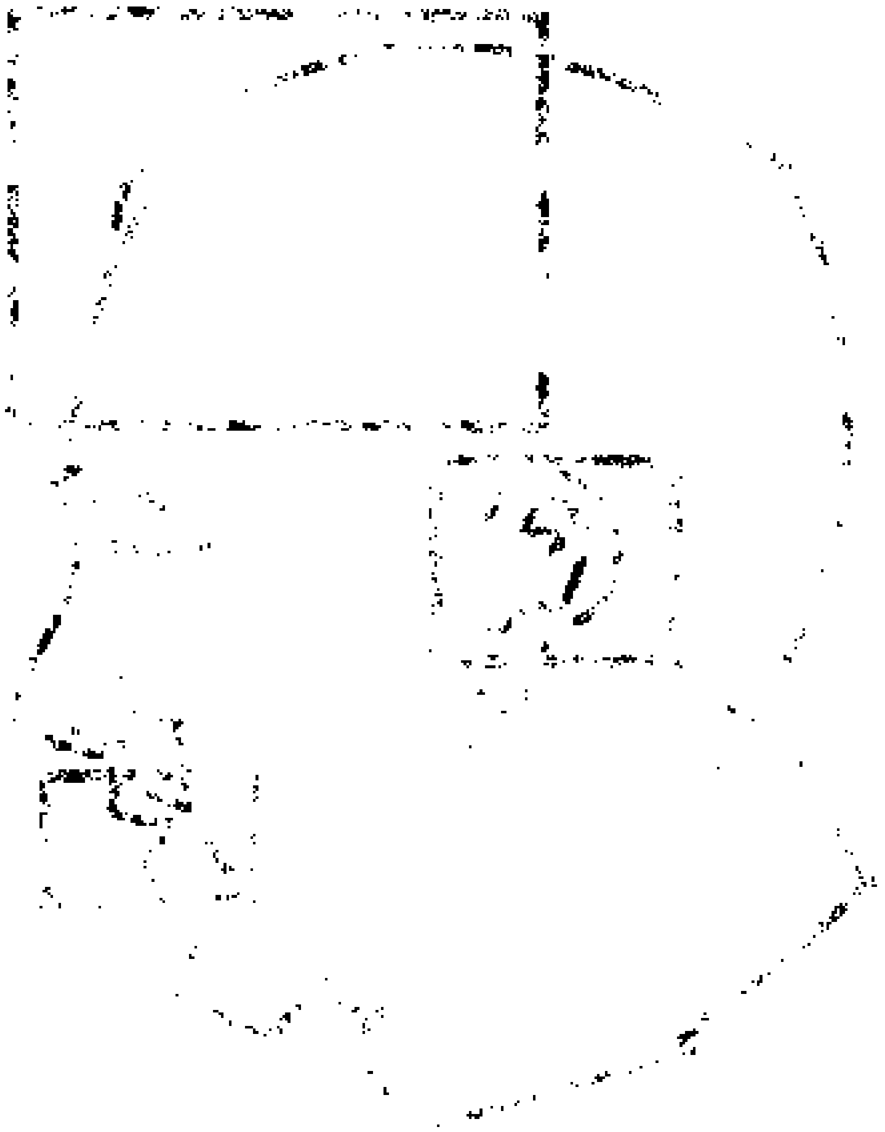
أساسيات علم الكلام

أساسيات علم الكلام



دار الشرق العربي
بيروت - لبنان ص.ب ١١/٦٩١٨
حلب - سوريا - ص.ب ٤١٥



أساسيات علم الكلام

تأليف

الدكتورة

جلوريا ج. بوردن

قسم الكلام، جامعات

تيمبل، فيلادلفيا، بنسلفانيا

ومختبرات هاسكنز

نيوهيفن، كونيكت

الدكتورة

كاثرين س. هاريس

قسم الكلام وعلوم والسمع

مدرسة الخريجين

جامعة مدينة نيويورك، نيويورك

ومختبرات هاسكنز

نيوهيفن، كونيكت

ترجمة

الدكتور

محيي الدين حميدي

Williams & Wilkins

1 March 1990

Dr. M.A. Homeidi
P.O. Box 1316 3
Al-Fatah University
Tripoli Libya

Dear Dr. Homeidi:

Thank you for your February 5th letter expressing interest in translating into Arabic Borden & Harris: SPEECH SCIENCE PRIMER.

You have our permission to do so. However, you mention that the books will be published by the Arab Development Institute. It will be necessary for us to sign an agreement with them covering the translation and separately I will contact them with our standard agreement.

I am enclosing our complete catalog. We do have an extensive speech and hearing list and it may be that you would be interested in some of our other publications either for use in English or in translation into Arabic.

Sincerely yours,

Carolyn Donohue

CAROLYN T. DONOHUE, President
International Division

CTD/mps/301

الإهداء

إلى كل من روى بدمه الطاهر ثرى الوطن دفاعاً عن المقدسات

إلى شهداء الإنتفاضة الفلسطينية والجنوب اللبناني.

أهدي هذا الكتاب

توطئه

الحمدلله رب العالمين والصلاة والسلام على خاتم الأنبياء والمرسلين محمد عليه الصلاة والسلام. أما بعد: فقد تطور علم اللسانيات ـ بكل فروعه ـ في العقود الثلاثة الماضية تطوراً سريعاً، وأصبحت مناهج اللغويات وعلم الكلام تدرّس على نحو مكثف في معظم جامعات العالم. واستفادت النظرية اللغوية الحديثة من التطورات والتقنيات العلمية المتطورة في علم الحاسوب، والمنطق، والفيزياء وغيرها، حيث بدأنا نسمع بل ونرى نظريات واضحة المعالم تتسم بالصبغة الرياضية العلمية ممثلة في نظرية النحو عند تشومسكي، وأخرى في مجال الترجمة الآلية.

ولا شك في أن علم الكلام قد أفاد على نحو مباشر من التطورات العلمية الحاصلة إذ بدأت منذ الخمسينيات دراسة الصوت الكلامي، وأعضاء النطق، وفيزياء الكلام، ضمن منظور علمي بحت. واستمرت الجهود خلال السنوات الماضية حتى بلغت درجة متقدمة في فهم طبيعة الكلام وإدراكه من مصدره إلى مقرّه ضمن منظور علمي صرف.

وعلى الرغم من أن العرب قد أسهموا في هذا المجال على نحو واسع أيام النهضة العلمية العربية ـ الإسلامية، لا تزال الدراسات اللغوية العربية الحديثة في علم الكلام متأخرة نسبياً وتفتقر إلى الدليل العلمي المحض، واستخدام الأدوات والأجهزة العلمية التي يستفاد منها الآن في دراسة علم الكلام في الجامعات العالمية، ومن ثم بدا لي أنه من المفيد أن ينقل أحد المراجع الهامة في هذا الميدان إلى لغتنا العربية وهو «أساسيات علم الكلام» الذي كان في طليعة مراجعي عندما كنت أعدّ دراستي لنيل درجة الماجستير في الصوتيات واللغويات في بريطانيا عام 1984. وقد

أضفت إليه فصلاً متواضعاً حول إصدار الأصوات الكلامية العربية كي يكتمل الكتاب بالنسبة للقارىء العربي. ولا أجد هنا أية ضرورة للحديث عن الكتاب، إذ يمكن لمن يرغب في نبذة مختصرة أن يقرأ تقديم المؤلفين والمحتوى.

ويمكن القول، بمثل الجملة، إن العربية تفتقر إلى معجم يجمع شتات المصطلحات اللغوية العلمية الحديثة، ولا شك في أن المسؤولية هنا جماعية، وإن كان اللغويون العرب المحدثون يتحملون القسط الأعظم من جريرة هذا التقصير في هذا الميدان، كما تتحمل ذلك المؤسسات العلمية العربية ودور النشر. ومهما يكن فإن المعاجم المتوافرة التي اعتمدت عليها في الترجمة هي:

١ ـ معجم المصطلحات اللغوية الحديثة في اللغة العربية. د. محمد رشاد الحمزاوي، الدار التونسية للنشر عام 1987.

٢ ـ معجم المصطلحات اللغوية، دار لبنان، عام 1986.

٣ ـ المورد، منير البعلبكي، دار العلم للملايين، 1989.

٤ ـ معجم مصطلحات العلم والتكنولوجيا، معهد الإنماء العربي، بيروت، 1982.

٥ ـ معجم المصطلحات العلمية والتقنية والهندسية، دار لبنان، الطبعة السادسة.

٦ ـ أطلس تشريح جسم الإنسان، د. عبد الرزاق العبيدي، جامعة بغداد، 1980.

٧ ـ معجم المصطلحات اللغوية، د. رمزي البعلبكي، دار العلم للملايين، ١٩٩٠.

وبعد التدقيق والتمحيص اعتمدت معظم المصطلحات التي اعتمدتها هذه المعاجم. لكنني آثرت ترجمة المصطلحات اللغوية الآتية وفق ما يقابلها على هذا النحو:

جهر: Voice.

صوت مجهور: Voiced sound.

صوت غير مجهور: Voiceless Sound.

واحتفظت بمصطلح «المهموس» للدلالة على «Aspirated sound» في اللغة الانجليزية فنقول:

«صوت مهموس» Aspirated sound كما في [K'a:]، في car.

صوت غير مهموس: unaspirated sound كما في [p] في spoon [sp°u:n].

أصوات الوقف: stops.

الأصوات الاحتكاكية: Fricatives.

أصوات الوقف ـ الاحتكاكية: «Affricates» لأنها تتألف، في واقع الحال، من صوت وقف بتحرير صوت احتكاكي، وبجنبنا هذا المصطلح إضافة مصطلح جديد كما فعل الحمزاوي، حيث سمّاها «شديدة ـ رخوة». وآمل ممن توافرت لديه الخبرة والدراية أن يصحح، ويقترح، ويضيف في محاولة لتشذيب المصطلح اللغوي العربي وصقله. وينتهي الكتاب بقائمة تتضمن معظم المصطلحات المستخدمة في علم الكلام نقلتها إلى العربية بتمامها.

وفي الختام أود أن أشكر كل من ساهم في إخراج هذا العمل إلى حيز الوجود وأخص بالشكر شركة Williams & Wilkins التي منحتني الإذن بالترجمة، والدكتور عيسى العاكوب الذي راجع النص لغوياً.

آمل أن يسدّ هذا الكتاب، بالاضافة إلى الكتاب الأول الذي نقلته إلى العربية وعنوانه «المنظومة الكلامية»، ونشره معهد الإنماء العربي بعض الخلل في بناء مكتبة عربية تلمّ بتقنيات علم الكلام الحديث خاصة، واللغويات الحديثة عامة.

والله الموفق

محي الدين حميدي

تقديم

إن الباعث على كتابة هذا النص سدُّ الحاجة إلى كتاب شامل ولكنه أساسي حول علم الكلام*. لقد واجهتنا معضلة عدم وجود نص يفي بالغرض لطلبة المرحلة الجامعية الأولى أو لطلبة الدراسات العليا في اختصاص «علم الكلام»، والحق أن هناك عدة كتب يمكن أن تفي بالغرض، لكن كلاً منها كان إما متقدماً للغاية أو ضيقاً في مجاله ومنظوره؟ ومن ثم تمثلت الحاجة في نص سهل الفهم ويحتوي على معلومات بشأن إصدار الكلام، والسمعيات وإدراك الكلام.

وغالباً ما ركزت مناهج علم الكلام في الخمسينيات على إصدار الكلام، والسمع، وكان المحتوى منصباً أساساً على التشريح وعلم وظائف الأعضاء. وفي الستينيات، أضيفت دراسة سمعيات الكلام إلى العديد من المناهج. أما الآن فإن المناهج الأكثر تقدماً وشمولاً تنطوي على إدراك الكلام أيضاً. وهكذا تغطى عملية التخاطب من المتكلم إلى المستمع بتمامها، ونجد في معظم الأقسام المتخصصة بدراسات الكلام منهجاً يتتبع مناطق الإدراك، واللغة والذاكرة،، وتبقى دراسة إصدار الإشارة الكلامية وإدراكها من اختصاص علم الكلام، مما يسمح ببعض التشابك أو التداخل. ولا يوجد هناك أي نص متوافر يغطي هذا المنهج الواسع من علم الكلام في صورة مبسطة.

إن الجمهور الأساسي الذي يتوجه إليه هذا النص هم طلبة علم الكلام وعلله وعلم السمع، لكن المعلومات المقدمة على قدر من الأهمية لطلبة الطب، وعلم النفس، والتربية واللغويات، وعلى نحو أنموذجي، تغطي هذه المعلومات أو تبحث

---

* يجدر التنبيه على أن المراد بعلم الكلام هنا، وفيما يأتي في تفاصيل الدراسة، هو الدراسة العلمية لإنتاج الكلام. وليس «علم الكلام» المنطقي الذي يعتمد الجدل والنقاش مما عرفته الثقافة العربية وشاع في بيئات الاعتزال خاصة. «المترجم»

في مظاهر وجوانب متعددة من المواد التي يناقشها هذا النص، وربما كان مثل هؤلاء القراء مهتمين بمعالجة شاملة وافية. وهذا الكتاب أولي على نحو واضح، لكنه يمكن أن يكون نصاً لطلبة دراسا عليا لم يتمكنوا من منهج في علم الكلام في مرحلتهم الجامعية الأولى. اما طلبة علل الكلام وعلوم السمع الذين شدتهم مساعدة أولئك الذين يعانون من اضطرابات تخاطبية (صعوبات في الاتصال مع الآخرين) فسيجدون المعلومات المقدمة غير كافية بشأن العمليات التخاطبية العادية التي يجب أن تقارن بها طرق العلاج التخاطبية ووسائلها. وبما أننا نتدرج في التعلم، من خلال البحث، حول العمليات العادية المجسدة في الكلام فإن الدراسة المتواصلة لعلم الكلام ستساعد في سد هذه الحاجة.

إنّ علم الكلام، من حيث هو علمٌ مستقلٌ، حديث التطور على الرغم من أن لبعض جوانبه ومظاهره تاريخاً طويلاً. فالسمعيات تقع منذ زمن بعيد ضمن علوم الفيزياء والهندسة. بينما يمثل علم أعضاء الكلام شطراً من علم الحياة. ويمثل إدراك الكلام نمواً لكل من علم وظائف الأعصاب وعلم النفس الحي، بينما يقع علم انتاج الكلام وعلاقته باللغة ضمن دراسة اللغويات. ويحاول هذا الكتاب جمع هذه المظاهر جميعاً وتوحيدها.

وعندما نشرع في منهج دراسي نُقدِم إلى الموضوع عادة بلطف من خلال قراءات ومحاضرات أولية مبسطة، وبعد الانتهاء من محتوى المنهج الأساسي ندنو من نهاية الفصل الدراسي بملاحظات استنتاجية ومناقشات وتساؤلات مثيرة. ويشبه هذا إلى حد مسرحية تقليدية، حيث ينظم المؤلف خشبة المسرح، ويكشف عن المسرحية، وبعدها يحل العقدة المسرحية. وتعكس أحجام فصول هذا الكتاب النسبية مثل هذا الترتيب، حيث تعالج الفصول الثلاثة الوسطى الثالث، والرابع، والخامس: السمعيات، وإصدار الكلام، وإدراك الكلام. وهذه هي المادة الأساسية للمنهج. يضع الفصل الأول الكلام في الإطار الأكبر والأشمل للغة. ويتناول الفصل الثاني عينات من تاريخ علم الكلام من خلال الوصف الذي قدمه عدة رواد في السمعيات، والصوتيات، وعلل الكلام، وهندسة الكلام وإدراك الكلام. ولا يشكل العلماء الذين اخترناهم سوى أمثلة عن تنوع أساليب البحث التي اتبعها من عمل في هذا الحقل. وبعد أن

قدمنا للموضوع وتكلمنا على جزء يسير من تاريخه، ألحقنا الفصلين الأولين بموضوع الكتاب الأساسي.

إن الحقيقة السّمعية للكلام أدت إلى دراسة الصوت بوصفه شرطاً قبلياً لفهم إصدار الأصوات الكلامية وإدراكها. ويرسي الفصل الثالث، حول السمعيات، الأسس التي بنيت عليها المادة الحقيقية لعلم الكلام في الفصلين الرابع والخامس. يصف «إصدار الكلام» «ديناميكية» الكلام مركزاً على بناء الأعضاء بدلاً من سماتها التشريحية؛ وقد قمنا بمحاولة جادة لتوحيد وظائف الأعضاء مع السمعيات؛ لأننا اكتشفنا أن أفضل وسيلة لتذكر «فيزيولوجيا» إصدار الكلام تتحقق عندما تربط آليات إصدار الكلام بالمخرج السمعي ربطاً محكماً.

يعرض الفصل الخامس، الذي يدور حول «إدراك الكلام»، كيفية عمل الأذن متبوعة بمناقشة حول الدلائل السمعية التي يستخدمها المستمعون وبعض النتائج المخبرية التي تلمح إلى المقدرة التي يمكن أن يستخدمها المستمعون في فك الرموز الكلامية.

يشدّد الفصل السادس، وهو حول أجهزة البحث، على الأدوات المتوافرة عادة في مخابر الكليات الصغيرة، لأنها هي التي يمكن أن يستخدمها، أو قد استخدمها، الطلبة في بحوثهم. وذكرت أيضاً بعض الأجهزة المتوافرة في مخابر علم الكلام الكبيرة، حتى تكون لدى الطالب معرفة بسيطة بهذه الأجهزة عندما تظهر في الدوريات المتخصصة.

يمكن القول أخيراً، أنه لا يمكن لنص شامل بشأن الكلام أن يغفل أو يحذف نشوءه وتطوره. ويلي النظريات التي تدور في فلك هذا الموضوع في الفصل السابع شيء من الدليل التجريبي الحديث في محاولة إعادة بناء ما لا يمكن التأكد من صحته مباشرة، لكنه يظلّ موضوعاً مثيراً حقاً.

وهكذا يشكل الفصلان السادس والسابع حل عقدة النص، حيث يؤدي الفصل السابع هذا الغرض خاصة لأن مناقشة نشوء الكلام لا تضع الكلام ثانية في إطار أكبر فحسب، بل تتطلب معرفة ببعض علم وظائف الأعصاب وبوظيفة «المصدر المصفاة» للمجرى الصوتي وتلك مواضيع نوقشت في الفصلين الرابع والخامس.

ولأن الكتاب يعدّ مقدمة لكمٍّ كبيرٍ من المعلومات، لا نفترض أننا أتينا على كل موضوع مهمّ، ولا حتى إننا عالجنا المواضيع بعمق كبير. وتختم قائمة المراجع كل فصلٍ، محاولة لتشجيع الطالب على متابعة كل موضوع بعمق وملء الفجوات الضروية في معلوماته. ويمكن اتخاذ النص، كما هو، مقرراً دراسياً في المرحلة الجامعية الأولى؛ ويمكن إضافة العديد من المراجع بوصفها قراءات ضرورية إن هو اعتُمد مقرراً دراسياً في الدراسات العليا.

جلوريا ج. بوردن

كاترين س. هاريس

الفصل الأول

الكلام، واللغة، والفكر

«يا شجرة الكستناء، يا شجرة زهرٍ عميقة الجذور
هل أنت الورق، أم الزهر أم الساق
أيها الجسم المتمايل مع الموسيقا، أيها اللحظ الوضاء
كيف نعرف الراقص من الرقص».

هذا الكتاب مهتمٌ بالكلام، وهو ليس كتاباً حول اللغة أو الفكر. لكننا نودّ مناقشة الكلام ضمن سياقه قبل أن نناقشه منفصلاً على نحو عشوائي بعيداً عن مصدره الأساسي. إنّ دراسة الكلام دون الاعتراف بمصدره العقلي تشبه تماماً دراسة الأعناب المستخدمة في صناعة الخمرة دون أي ذكرٍ لكروم العنب. فالكلام، أيضاً، شكل واحد من أشكال اللغات المتعددة. دراسة الكلام دون ذكر اللغة على غرار دراسة نوعٍ واحد من العنب دون الاعتراف بوجود الأنواع الأخرى في صناعة الخمرة.

ونقول بداءة إن الكلام مجرد وسيلة من وسائل الاتصال. فعلى سبيل المثال، تقوم أنثى القردة بوقفة طيعة جنسياً وربما كانت وقفة داعية إلى ممارسة الجنس لتعبّر عن حقيقة رغبتها في ممارسة الجنس مع قردٍ ذكر. بينما يعبّر كلب وقف شعر رقبته، وهو يهرُّ على متطفلٍ، عن تصميمه على منع أي مزيدٍ من التدخل أو التطفل. وتعرض مملكة الحيوانات أمثلة لا حصر لها لإشارات تعبر عن حالات مختلفة ومتعددة، ضمن الأجناس الحيوانية وفيما بينها. ونحن البشر، وحدنا، نستخدم عدة وسائل

للاتصال. فنحن نؤشر للآخرين بوساطة الأعلام الملوحة، ومن خلال رمز «المورس» وبوساطة البث التلفازي والإذاعي، ورفع حواجب عينينا، وكتابة عمود في جريدة، ومن خلال الغناء، ووضع الأيدي فوق الورك، وحلف الأيمان، ورسم صورة، ومد ألسنتنا، ومن خلال القُبل، والخجل، والوجل واحمرار الخدين، ومن خلال الرقص، وقذف صحن في الهواء، وأخيراً، نحن نتكلم أيضاً. إننا نتكلم في بيوتنا، وفي العمل، وفي المدرسة وأثناء اللعب؛ إننا نتكلم مع أطفالنا، ومع حيواناتنا الأليفة، ومع أنفسنا أيضاً فما الكلام؟. كيف يمكن ربطه باللغة والفكر؟. فلو أتيحت لك الفرصة وعرفت إنساناً يعاني من عطب في الدماغ، مسبّب لإعاقة الكلام، فقد تكون لاحظت أن تعذّر النطق قد رافقه بعض الآثار بشأن اللغة وبعض مظاهر التفكير أيضاً. يتصل الكلام واللغة والفكر فيما بينها اتصالاً وثيقاً، لكنه يمكن عزل كل منها عن الآخر لأنها تختلف فيما بينها في النوع.

الكلام Speech

لو كنت في بلدٍ أجنبي، وسمعت كل الناس الذين يحيطون بك وهم يتكلمون لغة لا تفهمها، وخاصة لغة لا تمت إلى لغتك بأية صلة، لأحسست بانطباع ذي وجهين:

الوجه الأول: تبدو اللغة المحكية مثل لحظات طويلة من جدول من الأصوات المركّبة الدائمة التغيّر من دون أية فواصل. ولن توجد لديك أية وسيلة لمعرفة نهاية كلمة وبداية التي تليها.

الوجه الثاني: يبدو هذا اللسان الغريب صعباً للغاية. ويبدو المتكلمون كأنهم يتكلمون على نحو أسرع بكثير من متكلمي لغتك، ومع ذلك، يكون الأطفال قادرين على تعلم ذلك ببساطة وسهولة. فكم هم أذكياء يا ترى؟

يمثّل هذان الانطباعان عن اللسان الأجنبي وصفاً دقيقاً للكلام، أكثر من كونهما انطباعين نمتلكهما بشأن كلامنا نحن أنفسنا إذ نتصوّر مقدرتنا على كلامنا شيئاً لا يحتاج إلى نقاش. ويبدو كلامنا بسيطاً، لكن الأصوات تتغير بسرعة، ويتطلب ذلك براعة

نطقية مركبة ومعقدة من قبل المتكلم وليست هذه سهلة، ومع ذلك ينجزها الأطفال على نحو جيد في غضون السنوات الثلاث أو الأربع الأولى من العمر. وعلى الرغم من أن بعض الأطفال يلاقون فيما بعد صعوبة في تعلم القراءة، لكن الأطفال العاديين جميعاً يتعلّمون الكلام ويطورون لغة من خلال سماع كلام الآخرين. الكلام شيء سماعي؛ يمكن وصفه من خلال جهارته، وطبقته وفترته الزمنية. إنه صوت مليء بالمعنى ممتد على محور الزمن. وما الكلام إلا إحدى الطرائق التي نستخدم فيها لغتنا، حيث نكتب، ونقرأ، ونستمع للآخرين، وهم يتكلمون أيضاً.

Language اللغة

طبيعي أن مبعث أخفاقنا في فهم الكلام الغريب في لغة غير معروفة، لدينا، هو أننا، رغم قدرتنا على سماع الكلام، لا نفهم الكلمات، والأصوات وقواعد اللغة، وتمثل لغة ما نظام اتصال محكم القواعد والقوانين مؤلفاً من عناصر حافلة بالمعنى ويمكن تركيبها بطرائق عدة لإنتاج جمل، العديد منها جديد. وتسمح لنا معرفتنا بالإنكليزية بقول الآتي وفهمه على أنه نثر إنجليزي:

It is hot as Hades this afternoon.

«إنها حارة كالجحيم هذه الظهيرة».

لا يوجد هناك أدنى شك في أن هذه الجملة قد قيلت عدة مرات من قبل بسبب خمول الدماغ، لكنّ لغتنا تسمح لنا أيضاً بقول شيء جديد تماماً وفهمه، شيء لم يسبق لنا أن سمعناه من قبل، كالشاهد الآتي من قصة توم روبنز: (Tom Robbins).

In any case, and whichever the ever, upon a sweaty but otherwise nondescript afternoon in early August 1960, an afternoon squeezed out of Mickey's mousy snout, an afternoon carved from mashed potatoes and lye, an afternoon scraped out of the dog dish of meterology, an afternoon that could Lull a monster to sleep, an afternoon that normally might have produced nothing move significant than diaper rush. Sissy Hankshow stepped from a busted - jaw curbstone on Hull Street in South Richmond and attempted to hitchhike an ambulance.

Tom Robbins, **Even cowgirls Get the Blues**, Houghton Mifflin Co., 1976, P. 84.

إننا نفهم هذه الجملة على الرغم من أنها من خيال روبنز نفسه، وإننا نفهمها لأننا نشاطر المؤلف معرفة قواعد اللغة. وتُمكننا قواعد علم المعاني والدلالات من ربط الكلمات والعبارات بالمعاني. إنما نمتلك مع المؤلف فهماً عاماً مشتركاً حول «Diaper rush»، وتمكننا قواعد البناء والتركيب من امتلاك توقعات عامة مشتركة حول ترتيب الكلمات. لقد تركنا المؤلف، من حيث نحن قراء ننتظر حتى ظهور فاعل الجملة «Sissy Hankshow». وعندما وصل الفعل «stepped»، فإننا فهمنا المتبادل للقواعد «الفونولوجية» يفرض أنه يجب على الفعل أن ينتهي بـ (ed) كي يوافق الأفعال السابقة في حالة الماضي في الجملة. إنّ روبنز وقراءه يعرفون القواعد نفسها، أي إنهم مشتركون في اللغة نفسها. ويمكن لمستخدمي اللغة أن يكونوا مبدعين وأن يوجدوا جملاً لم تسمع من قبل.

اللغة غير الكلام، فهي شيء غير ملموس، إنها معرفة نظام اتصال خلّاق، وتلك المعرفة هي في العقل. كيف تتصل اللغة بالكلام؟ يسمّي ناحوم تشومسكي (Noam Chomsky)، من معهد ماساشوستس التقني، هذه المعرفة بشأن اللغة بـ «الكفاءة اللغوية»، ويميزها عن «الأداء اللغوي». والكلام هو تحويل اللغة إلى صوت. وهناك العديد من اللغات بالإضافة إلى لغة أعضاء النطق. هناك اللغات الإيمائية: منها لغة الإشارات الأمريكية (Ameslan) التي يستخدمها الصمّ على سبيل المثال.

تختلف قواعد بناء لغة الإشارات الأمريكية وتركيبها عن اللغة الانجليزية. فغالباً ما يقرر التسلسل التاريخي للحوادث أو النبر ترتيب الكلمات، فعلى سبيل المثال، يفضل من يستخدم الـ (Ameslan) أن يؤشر على النحو التالي: «sun this morning, I saw beautiful»، «الشمس هذا الصباح، رأيتها جميلة» بدلاً من «It was a beautiful sun I saw this morning» «كانت شمساً جميلة شاهدتها هذا الصباح». وإن أريد تأكيد كلمة السينما في: «I like the movies»، «أحب السينما»، فسيقوم مستخدم لغة الإشارات الأمريكية بالترتيب الآتي:

«movies I like»، «السينما أنا أحب». وتختلف القواعد الخاصة بالمعنى على نحو كامل. طبعاً؛ لأن مستخدم لغة الإشارات الأمريكية يربط المعاني بإشارات يصنعها

بالوجه واليدين والذراعين. حيث أن شكل الإشارة، وحركتها، وكيفية تغيّرها، ومكانها بالنسبة لباقي أعضاء الجسم تكون ذات معنى. وهنا، مرة أخرى، يمكن تسمية معرفة النظام أو المقدرة، «باللغة» هنا، مقارنة باستخدامها الذي نسمّيه الأداء. ومثلما هي الحال في الكلام، يكون الأداء عادة دون مقدرة المستخدم. يُدَل على الإشارات، أحياناً، بطريقة سريعة وغير كاملة. وإنّ مقدرة المستخدم تبقى ثابتة رغم ارتكاب الأخطاء؛ فغالباً ما نستخدم أثناء الكلام أقساماً من جمل، بدلاً من جمل كاملة. ونفكر عادة بشيء آخر في منتصف الجملة، ونبدأ جملة جديدة قبل أن ننهي الجملة الأولى. ومع ذلك، فإنه عندما يطلب الأستاذ: «ضع سؤالك في جملة كاملة» فإن الطّالب يعرف كيف يفعل ذلك. إذ إنه يعرف اللغة على الرغم من أنه نادراً ما تنعكس هذه اللغة أو تلك كاملة أثناء الكلام. كيف ترتبط هذه المعرفة اللغوية بالفكر؟

الفكر Thought

يمكن تعريف الفكر بأنه تجسيدٌ داخلي للتجارب، ويقترح جيروم برنر Jerome Bruner من جامعة هارفرد أنه يمكن للتجسيد الداخلي أن يتخذ شكل صور عمل أو لغة. ونعتقد أننا نستخدم كامل أشكال تجاربنا الموجودة، لكنّ بعض الناس يرون استخدام بعض الأشكال أكثر من غيرها، ويمكننا أن نفكر من خلال تصورات داخلية غير واضحة الرؤية عندما نفكر في حل مشكلة ما مثل: كم حقيبة نعتقد أنه يمكن وضعها في صندوق السيارة. وغالباً ما يفكّر مهندسو العمارة والفنانون من خلال صور مرئية. ويمكن تمثيل الفكر أيضاً بوساطة عمل داخلي أو صور عضلية. وفي حل مشكلة التسديد والقوة اللازمين لوضع كرة التنس في مكان لا يصل إليه الخصم، نفكر في شروط الحركة والفعل. ويفكر الرياضيون، وبعض الفيزيائيين، وواضعو ألحان رقصات الباليه بالطريقة نفسها. يكتب أنشتاين في وصف فهمه لكيفية تفكيره على النحو الآتي:

ويبدو لنّ كلمات اللغة، سواء أكانت مكتوبة أو شفوية، لا تقوم بأي فعل في آلية تفكيري. وتمثّل الوحدات الفيزيائية التي يبدو أنها تعمل بوصفها عناصر في

التفكير رموزاً معينة وصوراً واضحة نسبياً يمكن إعادة إنتاجها وتركيبها «بطيب خاطر».
أمّا إن أخذ هذا النشاط التركيبي من وجهة نظر نفسية، فإنه يبدو السمة الأساسية في التفكير الفعّال المنتج قبل أن يكون هناك أية صلة بالبناء المنطقي للكلمات أو الرموز الأخرى التي يمكن مخاطبة الآخرين من خلالها. وتكون العناصر الآنفة الذكر في حالتي عناصر مرئية وبعضها من النموذج عضلي». «Ghiseliné B. the creative process. NewYork» Mentor Books, 155, p. 43.

تبدو التمثيلات العقلية في بعض اللغات بغض النظر عن كونها لغات طبيعية أو رياضية، على قدر كبير من الأهمية في النشاط العقلي عند مستخدمي هذه اللغات. وعلى الرغم من أنه من الممكن أن نفكر من دون معرفة أية لغة رسمية، كما هو واضح في حالة الأطفال الصم وبعض الأطفال الذين يعانون من عجز نطقي، يبدو أيضاً أن الذين يعرفون لغة ما يستخدمونها في الاستعانة على التفكير. وسنناقش الفكر من دون لغة أولاً، ثم التفكير من خلال اللغة.

الفكر من دون لغة Thought without language

لقد عانى كلّ منا من تجربة الحصول على فكرة وجد من الصعب التعبير عنها شفوياً لذا تبدو الكلمات، أحياناً، غير مناسبة حقيقة. ولا تبدو أفكارنا التي عبّرنا عنها سوى ملامح بسيطة لتفكيرنا. ويظهر الناس الذين يعانون من الحبسة، وهي عدم القدرة على الكلام بسبب آفة في الدماغ استقلال الفكر واللغة. إذ كثيراً ما يبدو من يعاني من الحبسة كأنه يمتلك فكرة يحاول التعبير عنها، ولكن تنقصه اللغة التي يجسّد بها هذه الفكرة.

يتأخر بعض الأطفال الذين لم يتعرضوا كثيراً للغة الإشارات في تعلم لغة مجتمعهم بسبب الصعوبات التي يلاقونها في تعلم الكلام الشفوي. لكنّ هانز فيرث (Hans Furth) أظهر أن المقدرات العقلية لهؤلاء الأطفال تنمو عن نحو طبيعي تقريباً، وتكتب هيلين كيلر (Helen Keller)، الكاتبة الأمريكية المشهورة العمياء والصماء منذ الشهر الثامن عشر من عمرها، قائلة إنها لم تفهم المبدأ الأساسي الأول في تعلم اللغة، أي: فكرة تمثيل الرموز اللغوية لعناصر من تجاربنا، إلى أن بلغت سن التاسعة. عندما كان أستاذها يعلم كلمة «الماء» من خلال جعل الطفلة تلمس وجهها بإحدى يديها

أثناء نطق الكلمة وتلعب الماسهاليد الأخرى، وعلى نحو مفاجئ، يكتشف الطفل العلاقة الرابطة. وبعد ذلك تعلمت هيلين مسميات كلّ الأشياء بسرعة. لقد بدأ تعلم اللغة لكن هيلين لم تكن طفلة غير مفكرة قبل هذه التجربة. كان تفكيرها يمثّل من خلال الصور الذهنية لزاماً.

ويلخّص عالم النفس السويسري جين بياجيه (jean piaget)، من خلال مراقبته للأطفال العاديين أن الإدراك يتطور وينمو مستقلاً، وتتداخل اللغة مع العقل وتمكس، حتماً تفكير الطفل، لكنّ اللغة لا تقرّر التفكير أو الإدراك. ووفقاً لرأيه، فليس من المفيد تدريب الطفل على لغة ما إن أريد تطوير إدراكه. إلا أنه يرى أن مراحل التطور الإدراكي عند الطفل تنعكس في استخدامه للغة.

وقد لاحظ ليف ڤيجوتسكي (Lev Vygotsky) الروسي، أيضاً، برهاناً على وجود إدراك وفهم غير لغويين عند الأطفال. ويبدي الرّضع فهماً للعلائق ومقدرات على حل المشاكل على نحو منفصل عن استخدامهم للغة، تماماً مثلما يستخدمون أصوات البأبأة التي تبدو خلواً من أي محتوى ذهني. وبعد ذلك يتحد الفكر واللغة في تطور الطفل.

الفكر واللغة Thought and Language

لقد تمثّل الإسهام العظيم لفيجوتسكي في فكرته حول «الكلام الداخلي». فعلى الرغم من أنه عدّ اللغة المبكرة تفاعلية الوظيفة أساساً، احتفظ بالقول إن بعض الاستخدامات المبكرة للغة هي استخدامات فردية. أي: يخاطب الطفل فيها نفسه. ويقلّ الجهر بالكلام الداخلي بين سن الثالثة والسابعة تدريجياً. ويصبح كلاماً داخلياً غير مجهور ليغدو إحدى طرائق النجوى. والكلام الداخلي، في هذه المرحلة ليس بكلام ولا لغة؛ إنها شيء يقع بينهما. فعندما نفكر مستخدمين اللغة، فإننا نفكر ضمن جزئيات لغوية، وعبارات مختصرة، حيث تبهت الكلمات بسرعة، أو لا تظهر إلا جزئياً.

يوافق بياجيه وصف فيجوتسكي للكلام الداخلي؛ حيث لاحظ الأول بدايات الكلام الداخلي في كلام الأطفال أثناء بحثه وتحليله. حيث يردد الأطفال في سن ما

قبل المدرسة عبارات وكلمات يسمعونها حولهم (ترديد الألفاظ) ويدمجونها في أحاديث مناجاة النفس حيث يتكلمون على ما يفعلون، وعلى الألعاب التي يلعبون بها، والصورة التي يرسمونها. ويمكن لحجرة حضانة أطفال أن تتكلم بكاملها، حيث يأخذ فيها الأطفال أدواراً كما في المحادثة، لكنّ كل طفل، في هذه الحالة، يتكلم على تجاربه الخاصة في «مونولوج» جماعي. إن النقطة التي يؤكدها بياجيه هي أن اللغة التي يستخدمها الأطفال تعكس مرحلة من التفكير نادراً ما يأخذ فيها الأطفال وجهة نظر الآخرين. حيث يرون الأشياء من وجهة نظرهم هم أنفسهم، ومن هنا نحصل على الكلام الفردي. وتتناقص درجة تكرار الكلام الفردي تدريجياً بتزايد نسبة تكرار الكلام الاجتماعي. فلو أننا تكلمنا على نحو آخر مع أنفسنا كما نتكلم مع الآخرين، فهل يساعد هذا الكلام الفردي على التفكير؟.

اللغة والكلام كناقل للفكر

Language and speech as a carrier for thought

لا تحدث الأفكار على نحو متعاقب او متتال دائماً. ويمكن لفكرة أن تشكل أحياناً عملية ربط تُرى فيها مرآة النفس بوصفها كلاً متكاملاً. ونشوه هذه الفكرة عندما نمدّها أو نبسطها على محور زمن اللغة والكلام. وعلى الرغم من هذا التشويه، هناك العديد من المحاسن في استخدام اللغة ممثلة الفكر. وتساعدنا اللغة على جعل الفكرة او التجربة حيّة موجودة. فمن خلال التعبير عن الفكرة كلامياً أو من خلال صيغة رياضية يمكن توضيح الفكرة بسهولة أكبر ابتغاء مزيد المناقشة والتمحيص. وتساعد اللغةُ الفكرَ لتقديم إطار يحفظ المعلومات في الذاكرة، وتساعدنا اللغة في التعبير عن أفكار حول الناس، والأماكن، والأشياء الغائبة.

لقد نُظر إلى اللغة في كل هذا النقاش بوصفها وعاءً يحمل الفكر وانعكاساً له، لكنه لم يُنظر إليها بوصفها مقرراً للفكر. وقد اقترح الحتمية اللغوية اللغويُّ إدوارد سابير (Edward Sapir) وصاغها على نحو أقوى تلميذه بنجامين وورف (Benjamin Whorf). ويمكن صياغة فرضية «وورف» في صورتها المثلى على النحو التالي:

«تحدّد اللغة نمط الفكر». لكن فرضية «وورف» غير مقبولة الآن على الجملة.

ولقد صيغت بناءً على مادة لغوية مقارنة تظهر أن اللغات تختلف في عدد المصطلحات من مثل تلك الدالة على اللون أو الثلج.

وكان التبرير والمحاكاة العقلية في أن الناس الذين امتلكوا عدة كلمات للثلج قد ميزوا اختلافات وفروقاً فشل في تمييزها أولئك الذين لم يمتلكوا سوى كلمة واحدة. وهكذا، فقد حددت اللغة تجاربهم وتفكيرهم. ويمكن صياغة صورة مصغرة من فرضية وورف على النحو الآتي: ربما كان تكلّم شخص من الأسكيمو على الثلج أسهل منه على إنسان في غواتيمالا، لكنه لا يوجد اختلاف جوهري في إدراكها أو مقدرتها في التفكير حول الثلج. ويمكن لاهتمامات مجموعة تتكلم لغة ما وحاجاتها أن تختلف عن حاجات مجموعة سواها تتكلم لغة أخرى، ومن هنا تأتي الاختلافات في الكلمات.

فعوضاً عن مقارنة اللغات، يمكن للمرء أن ينظر إلى لغة بعينها ويلاحظ الاختلافات المعتمدة على الانتماء إلى مجموعات إجتماعية مختلفة. وقد استخدم العالم اللغوي - الإجتماعي باسيل برنشتاين (Basil Bernstein) الفروق الثقافية بوصفها شرحاً وتفسيراً للاختلافات اللغوية التي لاحظها بين أبناء الطبقة الوسطى وأبناء الطبقة العاملة في بريطانيا. فعندما طلب من الأطفال وصف صورة ما على سبيل المثال، كان جواب طفل الطبقة الوسطى النموذجي واضحاً نسبياً، مستخدماً العديد من الأسماء، حيث يمكن للمرء تصور الصورة دون الحاجة لوجودها. بينما كان الجواب المثالي لطفل من الطبقة العاملة في وصف الصورة نفسها أقلّ استخداماً للأشياء وكان يبدّل بين كلمات «هو» أو «هم» أو «هي» أو «هو أو هي لغير العاقل» بحيث يغدو من الصعب جداً تخيل الصورة من الوصف وحده دون وجودها. وقد عزا برنشتاين هذا الاختلاف إلى فروق حضارية ثقافية، حيث تمتلك العائلة من الطبقة العاملة تسلسلاً هرمياً صارماً، وبذلك لا يتوقع أن يكون الأولاد بارزين أو واضحين في العائلة، بل عليهم السماع لربّ العائلة. بينما تكون الحالة في عائلة الطبقة الوسطى أقلّ استبداداً حيث لكل فرد منها رأيه. وبالإضافة إلى ذلك غالباً ما يتكلم عضو العائلة العاملة على تجارب مشتركة وبذلك يصبح السياق واضحاً. بينما كثيراً ما يميل طفل الطبقة الوسطى إلى التكلم على تجاربه الفردية، ولا يستلزم الكثير من المعرفة من جانب المستمع. لكن استخدام برنشتاين لمصطلحي «الرمز المقيد» في حالة الطبقة العاملة، و «الرمز المفصل المحكم» في

حال الطبقة الوسطى لم يكن موفقاً لأنه يتضمن معنى كلاسيكياً يرفضه برنشتاين نفسه. لكن دراساته، على أية حال، تشير إلى تأثير العادات الثقافية الحضارية، إن لم تكن فروقاً في التفكير، في اللغة.

فعلى الرغم من الاختلافات البسيطة في استخدام اللغة من جانب أناس يشتركون فيها، وعلى الرغم من الاختلافات الأكبر بين اللغات المتنوعة في العالم في البناء التركيبي والمفردات ربما كانت هناك بعض السمات العالمية الموجودة في كل اللغات الإنسانية. ولمعرفة مدى صحة هذا الكلام، يجب على المرء أن يكون قادراً على تعلّم شيئاً ما عن العقل البشري كما يقترح تشومسكي، من خلال دراسة قواعد اللغة والإنسانية وقوانينها:

«هناك العديد من الأسئلة التي تقود الإنسانية إلى دراسة اللغة. أما أنا شخصياً فإنني مهتم أساساً بإمكانية تعلّم شيء ما من دراسة اللغة يضيء لي بعض سمات العقل البشري الأساسية».

«Chomsky, N. Language and mind, NewYork, Harcourt Brace Jovano Vich, Inc». 1972, P. 103.

فلو عددنا اللغة مجموعةً من النظم والقواعد يتم من خلالها توليد عدد غير محدد من الجمل، مستخدمين مخزوناً من الكلمات يتسع باستمرار ليشمل كل المفاهيم التي يختارها المرء للتعبير والإيضاح لاكتشفنا، عندئذٍ، أن الإنسان هو المخلوق الوحيد، المعروف حالياً، الذي يمتلك اللغة. وعامل آخر يبدو أنه يخص الإنسان وحده هو استطاعة الإنسان المتكلم على لغته. وربما كان الكائن البشري العاقل المخلوق الوحيد على الأرض الذي يستخدم عقله في محاولة فهم العقول الأخرى. ويستخدم اللغة كي يفهم اللغات الأخرى. ويبدو التداخل بين التفكير واللغة والكلام على نحو أفضل وأوضح إن نحن بحثنا بعمق في تطور اللغة عند الأطفال العاديين.

تطور اللغة والكلام Development of language and speech

يمتلك الأطفال لحظة الولادة القدرة الكامنة على الكلام والسير على الرغم من أنهم

لا يستطيعون فعل أيّ منها عندما يكونون رضّعاً فهم ممنوحون الأنظمة العصبية - الفيزيائية المناسبة وراثياً، لكنّهُ لا بد من وقت حتى تتطور هذه الأنظمة وتنضج. يعادل حجم الدماغ ساعة الولادة 40 % من حجمه في سن الرشد. بينما تنتظر الأقسام الثانوية الأخرى، والمجرى الصوتي، والساقان التغيّر البنيوي ونمّواً حركياً - حسيّاً مرافقاً ومناسباً - للكلام والمشي. يبدأ الأطفال القعود في سن الستة شهور، وينطقون كلاماً لا معنى له في تجريب أعضاء نطقهم، وربما بدأوا المشي وتسمية بعض الأشياء بحلول عيد الميلاد الأول، وربما استطاعوا تركيب كلمتين معاً في جمل أولية تصلح لمادة برقية. وبحلول عيد ميلادهم الرابع تجدهم قد تمكنوا من القواعد الأساسية للغة من هم أكبر منهم سناً. وتمثل السرعة والسهولة الظاهرة التي يتعلم بها الأطفال اللغة ظاهرةً من ظواهر الطفولة لا يمكن للراشدين تكرارها بتلك السهولة. يتعلم العديد من الراشدين لغات جديدة، وخاصة أولئك الذين يعرفون عدة لغات معقّماً لكن أنسب وقت لتعلم اللغات هو سن ما قبل البلوغ (Puperty). وقد حدّد العالم في علم وظائف الأعضاء النفسي، الكندي وايلدر بنفليد (wilder penfield)، العمر الفاصل بسنّ الخمسة عشر عاماً. لكن أفضل الوقت وأنسبه لتعلم اللغات هو السنوات الأربع الأولى من العمر.

وقد عمل علماء النفس، واللغويون، وعلماء الكلام دوماً كلٌ على ما ينجزه الأطفال عالمياً بسهولة وسرعة ولم يحققوا سوى درجة بسيطة من النجاح. والسؤال الذي يطرحونه هو: كيف يكتسب الأطفال اللغة؟، ويمكن تقسيم المنظّرين حول هذا الموضوع، على الجملة، على مجموعتين. تحللّ المجموعة الأولى نمو اللغة وفقاً لمبادىء التعليم. بينما تتعامل المجموعة الثانية من المنظرين مع نمو اللغة وفقاً لهبة أو ملكة فطرية للغة. وربما كان الرأي الحالي الأكثر قبولاً وانتشاراً هو أنه لا يتم تعلّم سوى المفردات الخاصة باللغات بينما يعدّ البناء الأساسي الخلاق في اللغة صفة عالمية ترثها كلّ لغات الإنسانية في العالم.

نظرية التعلم واللغة Learning Theory and Language

التعلّم في المعنى الكلاسيكي هو صياغة رابطة جديدة أو ترابط بين منبّه واستجابة. ونتج عن التجربة الكلاسيكية التي أجراها الروسي إفان بيتروفتش بافلوف

(Ivan Petrovitch Pavalov)، في روسيا عام 1920، إيجاد نوع من الترابط بين رنين جرس وسيلان لعاب كلب. وكان هذا الترابط جديداً، وعدّ تعلّماً لأن الكلب لم يسل لعابه عند سماع رنين الجرس قبل الخبرة. وقد أنجز هذا السلوك المتعلم أو الإستجابة المقيدة من خلال الربط بين المنبّه غير المشروط، وهو مدقوق من اللحم في هذه الحالة، والمنبّه المشروط أو المقيد وهو الجرس. وبما أن مدقوق اللحم يسبب، لا إرادياً، ازدياداً في سيلان لعاب الكلب (استجابة فيزيولوجية اتوماذاتية للطعام)، فإن تقديم مدقوق اللحم مع رنين الجرس قد أوجدا ربطاً عصبياً بين الاثنين، من ثمّ فإن مجرد رنين الجرس سيسبب سيلان لعاب الكلب في نهاية المطاف. ويومكن توضيح ذلك بالمخطط الآتي:

1. منبه أو مؤثر غير مشروط (مدقوق اللحم) = استجابة غير مقيدة أو مشروطة (سيلان اللعاب).

2. ـ منبه أو مؤثر غير مشروط (مدقوق اللحم) ← استجابة غير مقيدة
ـ منبه أو مؤثر مشروط (رنين الجرس) ← (سيلان اللعاب).

3. منبه أو مؤثر مشروط (الجرس) ← استجابة مقيدة أو مشروطة (اللعاب).

تتمثّل الإستجابة غير المقيدة في التقيد الكلاسيكي في كونها غير طوعية (التعرق ـ التغير في سرعة نبضان القلب، سيلان اللعاب) ومعروفة الباعث (شيء مرعب، الطعام). وهناك أنموذج آخر للتعلم تكون فيه الإستجابة غير المقيدة تحت السيطرة الطوعية. (يقوم الخاضع للتجربة بدفع مزلاج أو إحداث صوت)، ويكون السبب غير واضح تماماً. وفي هذه الحالة لا يكون التعلم مؤثراً أو فعالاً بسبب إزدواجية المنبه، ولكنّ فعاليته تكمن عن طريق التقوية والمكافأة، ويسمى هذا الأسلوب بـ «التقييد الفعّال». فإذا كوفئت الاستجابة الفعّالة بالطعام، والمديح أو بعض الخاصيات الإيجابية الأخرى، سيقوى السلوك عندئذ، أما إن عوقبت الاستجابة بالصدمة الكهربائية، والنقد أو بعض الخاصيات السلبية الأخرى فإنّ السلوك يضعف. ولقد طوّر التقييد الفعّال الأمريكيُّ ب. ف سكنر (B.F Skinner)، وفصّل تطبيق نظريته في تعلّم اللغة في كتابة «Verbal behaviour». يكتب سكنر قائلاً إنه يتم تعلم اللغة من خلال مشجعات ومقويات منتخبة يُزوّد بها الطفل عند استخدامه للغة للتحكّم والعمل في البيئة المحيطة.

وثمة منظر آخر في عملية التعلم هو و. هـ. موررير (O. H. mowaer) الذي اقترح أنه يمكن للتقوية والمكافأة ألاّ تحدثا استجابة ملحوظة دائماً، لكنه يمكن للاستجابة أن تحدث داخل الطفل نفسه. ففي الطلب الظاهر يؤسس ربط نطق «ماما» بمكافأة الأم الجاهزة للطعام وأسباب الراحة استجابة متعلمة. أما في حال الاستجابة الداخلية فإن الطفل يكتشف أنّ مجرد كلمة «ماما» تولد أحاسيس ومشاعر إيجابية حتى إن لم تنطق الكلمة بصوت عال. وفي نظرية موررير التي يسمّيها نظرية «الاسترسال» يقوم الأطفال بتكرار بعض الكلمات الجديدة ـ بصوت خافت، في صدورهم ـ التي سمعوها بحيث تشكل هذه الكلمات مكافآت داخلية كافية بحيث يتعلمها الأطفال أو تصبح سلوكاً مقيداً أو مشروطاً. وتفسّر لنا هذه النظرية نطق الأطفال «المفاجئ» لبعض الكلمات التي تعلموها ولم تسمعهم ينطقونها من قبل.

لا شك في أن نظريات التعلم تشرح لنا الكثير من الحقائق بشأن اكتساب المعاني لدى الأطفال بما في ذلك تعلم معاني الكلمات. حتى إنها يمكن أن تشرح لنا المراحل الأولى في اكتساب التراكيب النحوية أو النسق اللفظي في لغة معينة. ويمكن لنطق الأصوات على نحو صحيح أن يعتمد على مكافأة كونه مفهوماً وربما مطاعاً فحسب. فلو نطق طفل مثلاً، «Tootie» دون أن يلاقي أية مكافأة فإنه سيحاول نطق /kuki/، «cookie» التي ستجلب النتيجة المرجوة في المكافأة المطلوبة، من ثمّ سوف يستخدم /kuki/ في المستقبل دائماً.

نظرية الفطرة Innatness Theory

هناك الكثير، على أية حال، حول نمو اللغة وتطورها مما لا يمكن لنظريات التعلم تفسيره. فمستخدمو اللغات الإنسانية مبدعون في استخدامهم للنظام اللغوي. إنهم يفهمون ويصدرون جملاً لم يسمعوها من قبل قط. من ثم لا يمكن أنْ يكونوا قد تعلموها. ويقوم الأطفال، بعد استماعهم لعدد وفير من الألفاظ، بالتقاط القواعد والقوانين ويستخدمونها في فهم جمل جديدة أصلية وإصدارها. ويمكن أن يتعلموا أن صيغة الماضي الشاذ لفعل «run» هي «ran» من خلال التعلم التقليدي، ولكنهم متى اكتشفوا قاعدة الزمن الماضي في الفعل القياسي فإنهم يميلون إلى قول «runned» عوضاً

عن «ran» بسبب تغلب غريزة الكشف والبحث عن القواعد عندهم على المفردات التي تعلموها بشكل تقليدياً. يعتقد معظم علماء اللغة النفسيين أن المقدرة على استخلاص قواعد اللغة هي مقدرة فطرية، ويعتقد بعضهم الآخر أن مظاهر التراكيب النحوية هي فطرية أيضاً.

الكفاءة اللغوية Linguistic Competence

لعلّ أكثر الناس كتابةً عن هذه الفكرة على نحو مقنع اللغويّ الأمريكي ناعوم تشومسكي، فهو حريص على التمييز بين الكفاءة اللغوية التي يمتلكها متكلم اللغة، وتتمثل في القواعد التي يستخدمها المرء في إصدار جملة، والأداء اللغوي الذي يتألف من الكلام الذي نلفظه بغض النظر عن درجة بعثرته وتقسيمه، وما على المرء إلا أن يقارن كلام مفوّه بكلام بكيء حتى يكتشف مبلغ الاختلافات الكبيرة في الأداء اللغوي. لكنه يبدو أن الكفاءة اللغوية الأساسية موجودة عند كل الأشخاص العاديين. ويعتقد اللغويون أن هذه المعرفة الأساسية هي نفسها التي يولد الناس وفي مقدورهم اكتسابها.

يقدّم إيرك لينبيرج (Eric Lenneberg) دليلاً «فيزيولوجياً» على الكفاءة اللغوية في العائلة الإنسانية. وفي رأيه أن اللغة ليست موروثة فحسب، بل إنها خاصة جنيسة، أي: لا يمكن أن يدركها إلا الإنسان العاقل.

يشكل التفكير أساس اللغة. ويمكن للأطفال أن يتكلموا على ما يعرفونه فحسب، لكنهم ربما عرفوا أكثر مما يستطيعون التعبير عنه من خلال لغتهم التي لمّا تكتمل بعد. يكتشف علماء النفس اللغويون أنّ الأطفال يفتشون عن أنماط متكررة معتمدين على اللغة التي يسمعونها حولهم. ويبدو أنهم يصوغون افتراضات حول القواعد اللغوية ويطبقونها بطريقتهم الخاصة. ولا تظهر لغة الأطفال على أنها تقليد مفقير مشوه للغة الراشدين حولهم، بل تبدو كأنها لغة مختلفة تماماً بقواعدها الخاصة؛ حيث لا يمكن التفريق بين قواعد النظام التركيبية، والمفردات المعجمية والنظام الصوتي نسبياً في لغة الأطفال. ويمكن أن تضم قاعدة النفي عند الأطفال استخدام «NO» مع جملة توكيدية على نحو «No go home» على الرغم من أنهم لم يسمعوا مثل هذه الجملة في لغة الراشدين من حولهم. ويمكن أن تشمل معاني الأطفال لكلمة «doggie» كل الحيوانات ذات القوائم الأربع؛ ولا يميزون هذا المصطلح إلا في مرحلة لاحقة. يمكن للنظام

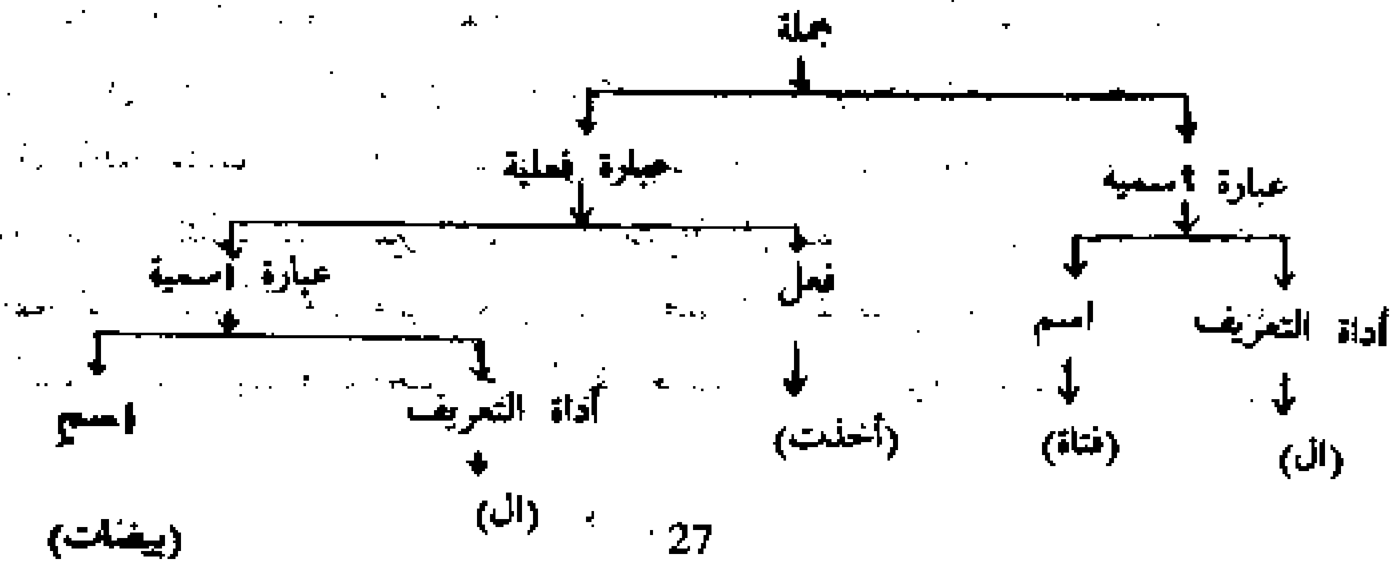
الصوتي عند الأطفال أن يستخدم الأصوات الانفجارية في مكان ظهور الأصوات الانفجارية، والمهموسة، والتجمع الصوتي للأصوات الصامتة في كلام الراشدين. وبذلك يمكنهم أن يلفظوا «two» أو «sue» على نحو متشابه وقريب جداً من «two» [tu].

ومن خلال تطويرهم لأنظمتهم اللغوية يوسّعون معارفهم بالمعاني؛ بالمعاني التي ترتبط بالكلمات والعبارات، وفي الوقت نفسه يكتشفون القواعد التي تحكم لغتهم الخاصة. وتقع هذه القواعد في ثلاثة أنواع: القواعد التركيبية: وهي القواعد التي تهتم ببناء الجمل بما في ذلك التحويلات البسيطة التي تحول الجملة الإيجابية، مثلاً، إلى جملة منفيّة أو إستفهامية أو التحويل بين المبني للمعلوم والمبني للمجهول، القواعد المورفولوجية (الصرفية) وتهمّ بالتغيرات الحاصلة في المعنى التي يسببها تغير الأصوات «cat, cats» «قط»، «قطط» أو درجة ارتفاع الصوت وانخفاضه لـ «نعم» الإيجابية و«نعم» الاستفهامية. والقواعد الفونولوجية، وهي التي نعتقد أنها مسؤولة عن الأصوات في الكلام. ويعتقد كثير من اللغويين أن القواعد «المورفولوجية» هي قواعد زائدة. ويمكن تقسيم فاعليتها بين القواعد التركيبية من جهة والقواعد «الفونولوجية» من جهة أخرى.

يمكن لجملة واحدة أن تفي بالغرض في توضيح كيفية استخدام هذه القواعد في التحليل اللغوي:

أخذت البيضات من قبل الفتاة. The egg are taken by the girl.

البناء التركيبي (syntax)



تحويلة الجملة المبنية للمعلوم إلى جملة مبنية للمجهول:

T passive: NP_2 be + verb + en + by NP_1

عبارة إسمية (1)+ بواسطة + اسم المفعول من الفعل + فعل الكون + عبارة إسمية (2).

«The eggs are taken by the girl».

النظام الصوتي: [egz] = «eggs»

تماثل تقدمي:

تبدّل (ج) المجهورة صوت (س) اللاحق إلى صوت مجهور فيصبح /ز/، من ثم نحصل على /ز/.

والمورفيم هو أصغر وحدة لغوية تعني شيئاً ما. فكلمة (cat) مؤلفة من مورفيمين: (cat), (s) التي تعني أكثر من واحد. والفونيم هو عائلة من الأصوات توظف في اللغة للإشارة إلى اختلاف في المعنى. وحقيقة اختلاف (bat) عن (pat) في المعنى تظهر أن كلاًّ من /p/ و /b/ فونيمٌ قائم بنفسه في الإنجليزية. والفونيم، بما هو كذلك، لا معنىً له. ولا يمكن وصفه من حيث هو صوت أيضاً، فالحق أن الفونيم يمكن أن يظهر بوصفه واحداً من عدة أصوات مختلفة، حيث نجد أصوات /p/ في «paper», «spoon» و «top» مختلفة من كلمة إلى أخرى. فالأول متبوع بنفثة هوائية، والثاني من دونها والثالث من دون فتح للشفتين البتة. وتسمى أشكال الفونيم المختلفة بـ (الألفونز ـ الصوت المنطوق ـ Allophones) وتسمى الأصوات نفسها بـ (فونز ـ الأصوات المنطوقة ـ phones). وهكذا نجد أننا نستخدم مصطلح «فونيم» عندما نرغب في الإشارة إلى وظيفة عائلة صوتية في اللغة. للإشارة إلى اختلافات في المعنى، بينما يُستخدم مصطلح «فون ـ phone» عندما نرغب في الإشارة إلى صوت محدد. تشير المائلات إلى الفونيمات /p/ على سبيل المثال؛ بينما تشير الأقواس الموصوفة إلى الصوت المنطوق مثلاً [p]. ويمكن للهجائية العادية أن تحدد وتميز العديد من الأصوات دونما لبس، أما ابتغاء وصف بعض الأصوات الأخرى، فإننا نحتاج إلى طريقة تحددها بدقة ووضوح. وأكثر الوسائل شيوعاً

في وصف أصوات الكلام هي الألفبائية الصوتية العالمية التي تظهر في الملحق رقم - 1 -.

تنشأ اللغة الشفوية عن معرفة معانٍ توضع في تركيب وترمّز أخيراً في أصوات كلامية. وسنختم هذا الفصل بأنموذج للتشابك والتداخل والتحويل، كما نراها في الانتقال من الفكر إلى الكلام.

من الفكر إلى الكلام From thought to speech

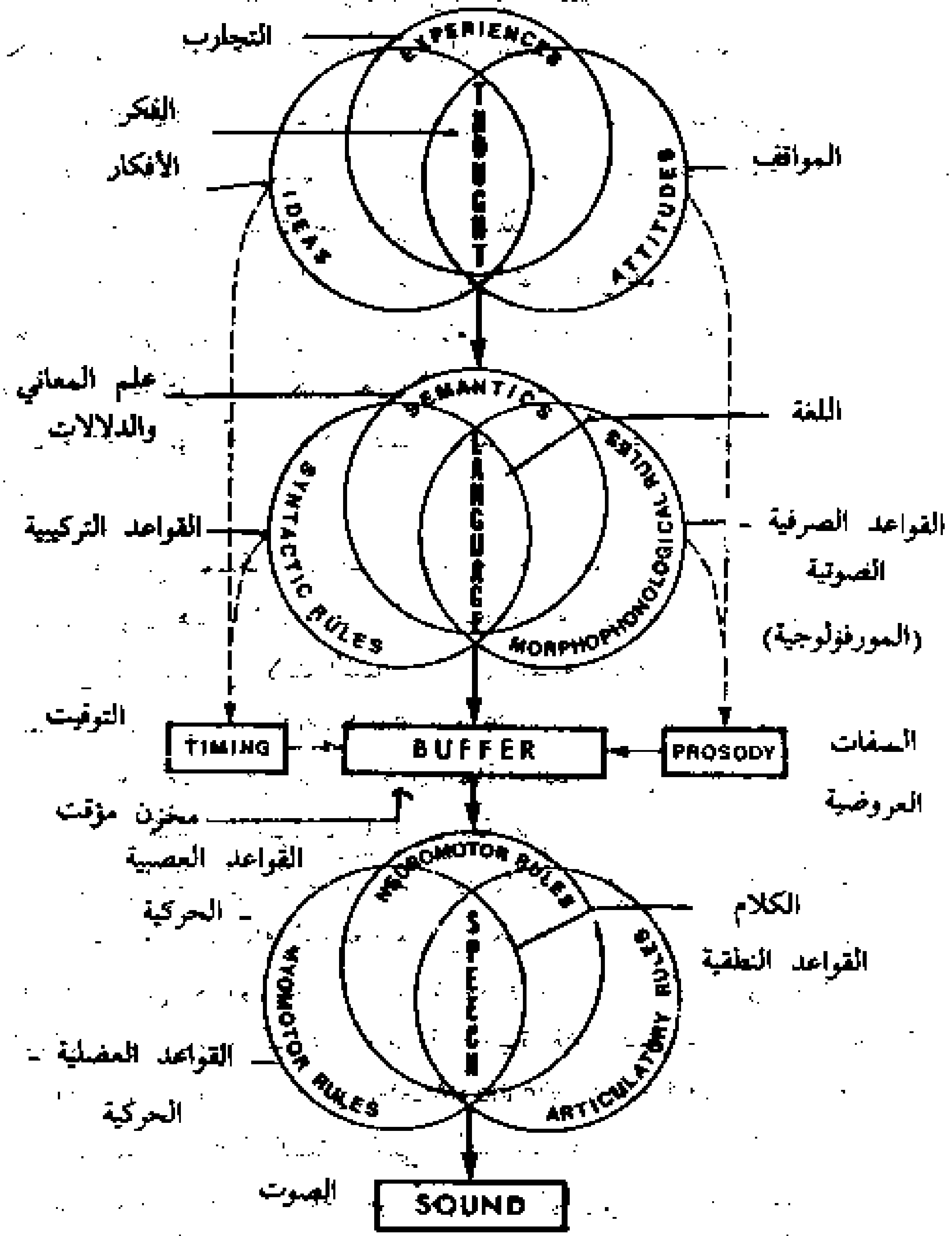
تقف فتاتان يا فعتان في متحف فيلادلفيا للفنون أمام لوحة للفنان هنري ماتيس (Henry Matisse) عنوانها: «Odalisque Jaune»، فتقول الأولى للثانية: وأنظري إلى هذه الصورة، هناك شيء ما حول الوجوه، وتذكرني الأنماط العامة ببعض الرسوم اليابانية التي رأيتها في متحف في نيويورك.

الشكل 1.1: صورة من رسوم «matisse» بعنوان «Odalisque Jaune» متحف فيلادلفيا الفني: صموئيل. س. وايت، 111 ومجموعة فيرا وايت.

لا يمكننا افتراض أننا نعرف كيفية اشتقاق هذا اللفظ من خلال المعرفة اللغوية للفتاة، وأساساً من عملياتها الفكرية، لكننا يجب أن نفترض أنه تم الرجوع إلى تجارب بصرية مخزنة بشأن الرسوم والسمات اليابانية، وتم الربط بين الأقسام المنمطة على مستوى رفيع في أعمال الخشب اليابانية (1.2) والسمات الموجودة في رسم «ماتسي»، الشكل (1.1)، ويجب أن يكون الدخول في هذه العملية قد أثار بعض السعادة، على نحو ما، وموقفاً إيجابياً أيضاً حتى تمت التأثيرات والنتائج الموجودة.

الشكل 1.2: أعمال خشب يابانية لـ «كيوناجا ـ Kiyonaga»، بعنوان «تنفيذ شيجوكي للخط»، 1783، متحف فيلادلفيا الفني. إهداء السيدة. جون. د. روكفله.

يمثل الشكل (1.3) أنموذجاً للفكر واللغة والتحويلات الكلامية. ويشير تداخل الدوائر وتشابكه إلى العلاقات المتبادلة القائمة وتزامنها أيضاً.



الشكل 1.3: أنموذج يظهر الإسهامات المتنوعة للعوامل العديدة في مخرج الفكر، واللغة ومراحل الكلام.

ترتبط التجارب البصرية والجمالية للفتاة، في كل من الحاضر والماضي، بأفكار تمتلكها حول تشابهاتها وبمشاعرها حول الصور. وقد اختارت الفتاة التعبير عن فكرها في اللغة لتنقل استجابتها حول الصور إلى صديقتها.

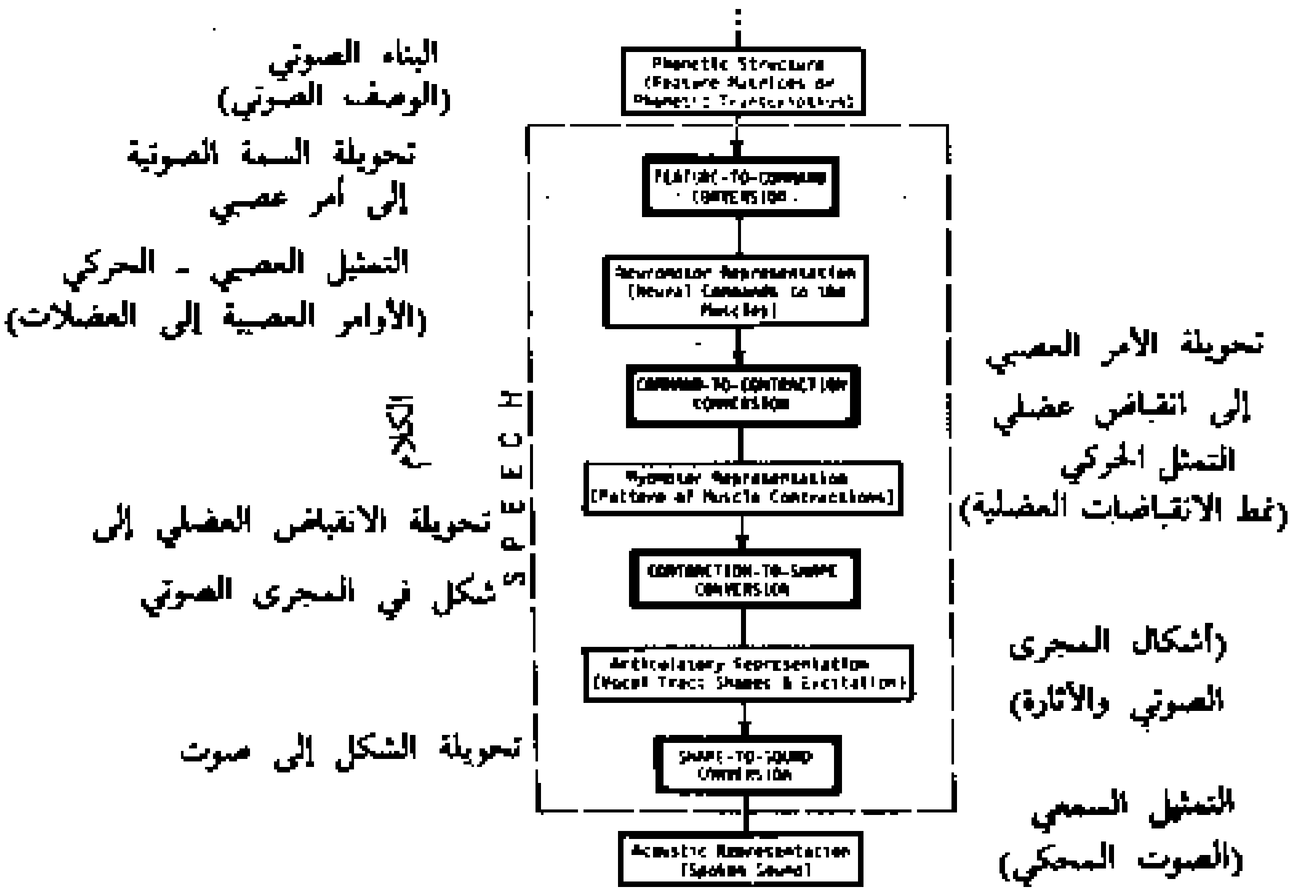
هناك العديد من الطرق التي يمكن للفتاة أن تستخدمها في إضفاء إطار على أفكارها ومشاعرها، ولكنها معتمدة على بعض القرارات المعنوية، والتركيبية والمورفولجية، فقد عبرت عن فكرتها باللفظ الذي استشهدنا به آنفاً. كانت مقيدة بقواعد لغتها وبقواعد آلية أعضاء نطقها وقوانينها. ولن نقوم بأية محاولة لإيضاح كيفية تحويل المعنى إلى شكل جاهز للكلام! ونعترف أيضاً بأنه يمكن إرسال الفكرة بالكتابة أو بشكل من أشكال لغة الإيماء، كما هو الحال، بالكلام. وإن اختيارها للكلام يعني أنها كانت جاهزة لنقل الرسالة أو الفكرة إلى صديقتها التي سمعتها أخيراً.

يبدو من الممكن أن أقسام الرسالة تخزن مؤقتاً في مخزن جاهز للإصدار. وتكون أطوال هذه الأقسام في طول الجملة أو العبارة. ويأتي الدليل على هذا التخزين المؤقت من زلّات اللسان. إذ إنّ حقيقة اقتراف بعض الأخطاء مثل «قطع السكين بالسّلامي»، «He cut the knife with the Salami»، وهذا مثال فورمكن «Formkin»، تعني وجود هذا المخزن المؤقت الذي مكّن المتكلم من تبديل ما يجب أن يكون الكلمة الأخيرة بالكلمة الرابعة قبل الأخيرة.

ونحن ننظر إلى السمات العروضية والتوقيت في اللفظ، في أنموذجنا، على أنها تُفرض على الرسالة أثناء تحولها إلى الكلام. فعلى سبيل المثال، تبقى السمات العروضية التي تحتوي على أنماط التنغيم وأنماط النبر ثابتة على الرّغم من زلّات اللسان، حيث يوضع النبر على الكلمة الأخيرة بغض النظر عما قاله المتكلم «He cut the Salami with the knife» أو «He cut the knife with the SALAMI!». ويعني هذا أنه توجد تعليمات مستقلة بالنسق اللفظي والصفات العروضية. وكذلك يمكن نطق اللفظ بدرجات مختلفة من السرعة، من أعلى درجاتها إلى أدناها، ويشير هذا أيضاً إلى وجود تعليمات خاصة بالتوقيت.

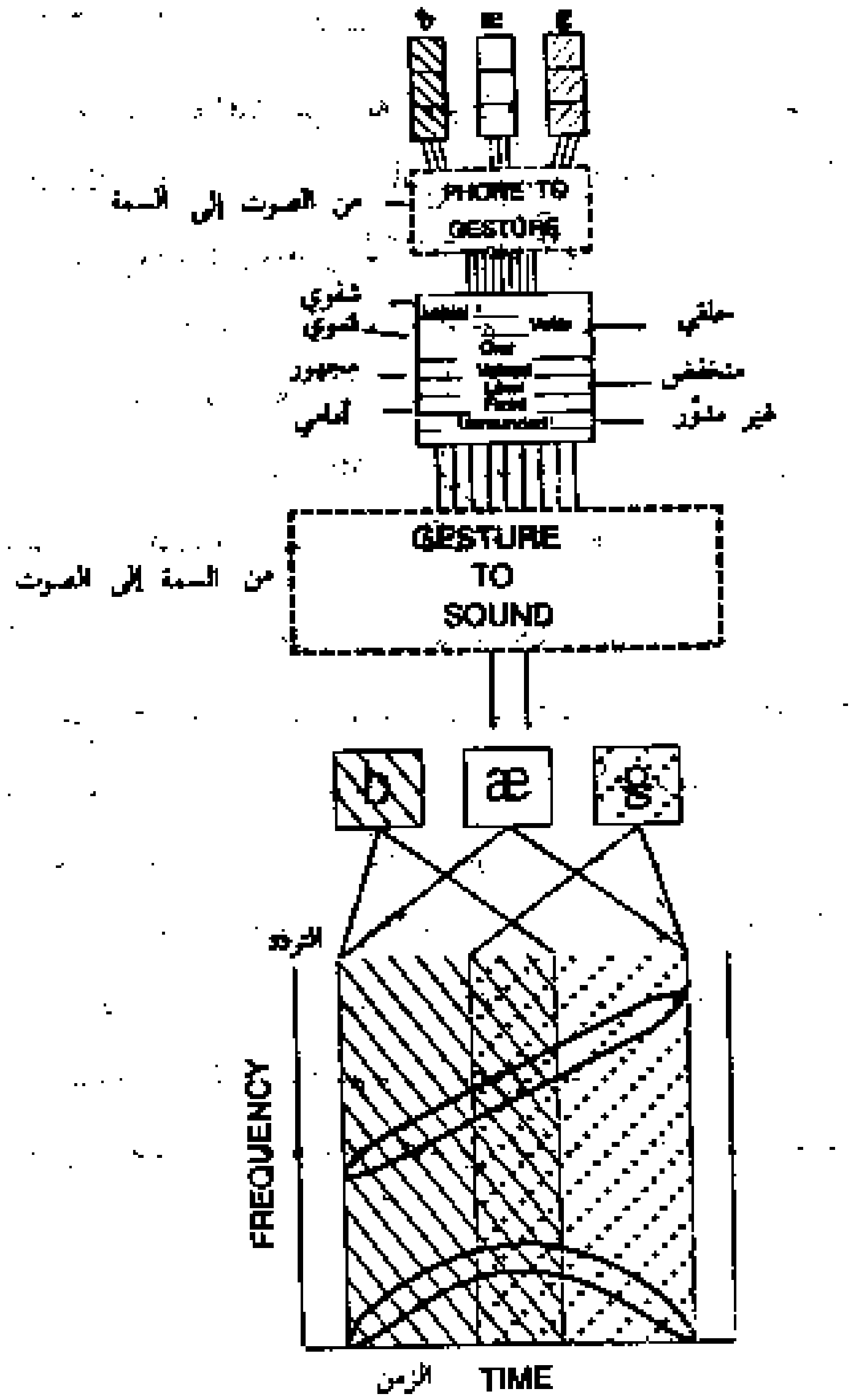
يجب أن يكون هناك تحويل عند مستوى الكلام من تمثيل للكلام مجرد نسبياً

إلى النشاط العصبي ـ الحركي الذي يسيطر على نشاط العضلات وتغيرات التجويف والتحويرات والتغيرات الحاصلة في ضغط الهواء التي تسمع كـ «الكلام». لقد عمل ألفن لبرمان «Alvin Liberman» وفرانكلين كوبر «Franklin Cooper» حالة للتحويل في الكلام، وهي من بقايا تحويل البنية العميقة إلى البنية السطحية التي اقترحها تشومسكي. تُستخدم اللغة في التحويلات اللغوية، بينما تستخدم التحويرات الحركية ـ العصبية، والحركية ـ العضلية، والقواعد النطقية في الكلام دون ذكرٍ في الوقت الحاضر، لأي من آليات الضبط الحي من أجل التبسيط في الموضوع. يظهر الشكل (1.4) مخططاً للتحويلات الهامة في عملية التكلّم:



الشكل **1.4**: أنموذج لعملية إصدار الكلام. ومن المعتقد أنه يمكن تمثيل كل صوت كلامي بوصفه مركباً من سمات صوتية مجردة. وتأخذ السمات السمعية شكلها العملي بوصفها أوامر عصبية إلى العضلات النطقية التي تعطي المجرى الصوتي شكله المطلوب، ويحدد شكل المجرى الصوتي مُخْرَج الإشارة السمعية الكلامية.

تعني المعلومات الصوتية في قسمها السماتي (الخاص بالسمات الصوتية) أن الأصوات الكلامية و (الوصف الصوتي) التي يقصد المتكلم إرسالها والسمات المميزة لهذه الأصوات (السمات الصوتية) كالمجهور، و الغنة أو مكان النطق قد تُمثل بشكل مجرد نسبياً في المكان الذي وصفناه بالمخزن المؤقت. لقد فصلنا أربعة تحويلات في الشكل: من تمثيل الكلام الداخلي إلى النبضات العصبية، ومن النبضات العصبية إلى الإنقباضات العضلية، ومن الانقباضات العضلية إلى شكل الجهاز أو المجرى الصوتي والتغيرات الحاصلة في ضغط الهواء، ومن هذه التغيرات إلى شكل موجة سمعية. وينتج عن هذه التحويلات، كما يظهر الشكل (1.5)، إشارة سمعية تتداخل وتتشابك فيها السمات الصوتية، وينعدم فيها الوجود المستقل لوحدات الفونيمات المجردة.



الشكل 1.5: تمثيل للترميز الحاصل في الإشارة أو الرمز الكلامي. يُنظر إلى كل صوت بوصفه مجموعة من السمات الصوتية. تحوّل مجموعة السمات هذه إلى سلسلة من الإيماءات وإلى الصوت. تتداخل سمات الأصوات الصوتية مؤقتاً في التمثيل الصوتي. سيناقش هذا الشكل بإسهاب في الفصل الرابع.

وتطبّق هذه القواعد الكلامية نفسُها في أنموذجنا. وننظر إليها على أنها تحدث متزامنة، وتتصل كلّ واحدة منها بالأخرى اتصالاً وثيقاً.

يوجد اللفظ في المخزن المؤقت بوصفه تمثيلاً داخلياً للهدف السمعي للمتكلّم (أنظر نوتيبوم «Nooteboom» فيما بعد، ونماذج إصدار الكلام، الفصل الرابع)، وبوصفه تمثيلاً داخلياً «لفيزيولوجيا» إصدار الكلام وفقاً لأبعاده الثلاثة المترابطة (أنظر ماكنيلج Macneilage في القسم نفسه). يعرف المتكلم الأصوات المرغوبة، وماذا يجب فعله لإصدارها. وتعرف الفتاة، لا شعورياً، ما أشكال التجويف، وتغيرات ضغط الهواء، المطلوبة للذهاب من نهاية «Japanese» إلى بداية «Points»، ومن /n/ إلى /i/ في /dʒæpaniz/. ونحصل على قائمة متصلةٍ من الكلام في تطبيق قواعده (الكلام).

ونحتاج إلى الكثير من الفهم الدقيق حول عمل هذه التحويلات. ولا نفهم بدقة أيضاً كيف يتعامل المستمع مع الكلام في الوصول إلى قصد المتكلم ومراده. إن علم الكلام هو دراسة المواضيع الآتية: إصدار الكلام، والصفات السمعية للإشارة الصوتية، وفهم المستمع للكلام وإدراكه إيّاه. فلو اعتبرنا أن المخزن المؤقت هو المكان الذي تحفظ فيه الرسالة المقصود إبلاغها، فسيهتم علماء الكلام، عندئذ، بالمراحل اللاحقة لهذه المرحلة في جدول الكلام. تقع الانتقالات من العبارة المقصودة إلى شكلها السمعي عند المتكلم، والتحويلات من شكل الكلام السمعي إلى فك المستمع رموز العبارة المقصودة ضمن دائرة اختصاص تحريّات عالم الكلام.

مراجع الفصل الأول

Bernstein, B., A Socio-linguistic Approach to Socialization: With Some Reference to Educability. In *Directions in Sociolinguistics*. J. J. Gumperz and D. Hymes (Eds.) New York: Holt, Rinehart & Winston, 1972, pp. 465–497.

Bruner, J. S., *Studies in Cognitive Growth*. New York: Wiley & Sons, 1966.

Carroll, J. B., *Language and Thought*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, 1964.

Cherry, C., *On Human Communication*, 2nd Ed. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1966.

Chomsky, N., *Language and Mind* (enlarged edition). New York: Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1972.

Cooper, F. S., How Is Language Conveyed by Speech? In *Language by Ear and by Eye*. J. F. Kavanagh and I. G. Mattingly (Eds.) Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1972, pp. 25–45.

Cutting, J. E., and Kavanagh, J. F., On the Relationship of Speech to Language. *ASHA 17*, 1975, 500–506.

Dale, P. S., *Language Development: Structure and Function*, 2nd Ed. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1976.

Fromkin, V., and Rodman, R., *An Introduction to Language*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1974.

Furth, H., Thinking *Without Language: Psychological Implications of Deafness*. New York: The Free Press, 1966.

Lenneberg, E. H., *Biological Foundations of Language*. New York: Wiley & Sons, 1967.

Liberman, A. M., The Grammars of Speech and Language. *Cognitive Psychol*. 1, 1970, 301–323.

Mowrer, O. H., *Learning Theory and Personality Dynamics*. New York: Ronald Press, 1950.

Penfield, W., and Roberts, L., *Speech and Brain Mechanisms*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1959.

Piaget, J., *The Language and Thought of the Child*. Atlantic Highlands, N. J.: Humanities Press, 1959. (Translation of *Le Langage et la Pensée chez L'Enfant*. Neuchâtel and Paris: Delachaux et Niestlé, 1923).

Skinner, B. F., *Verbal Behavior*. New York: Appleton-Century-Crofts, 1957.

Slobin, D. I., *Psycholinguistics*. Glenview, Ill.: Scott, Foresman & Co., 1971.

Vygotsky, L. S., *Thought and Language*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1962.

Whorf, B. L., *Language, Thought, and Reality*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press and New York: Wiley & Sons, 1956.

الفصل الثاني

رواد علم الكلام

«التاريخ جوهر سيرٍ شخصية لا حصر لها»

توماس كارليل «Thomas Carlyle «On History»، «حول التاريخ».

هناك الكثير من الناس الذين ساهموا في تطوير علم الكلام وتقدمه بحيث غدت تسميتهم إرباكاً أكثر من أن تكون عاملاً مساعداً، حتى لو حاولنا تقييد أنفسنا بذكر الأكثر أهمية وتأثيراً بينهم. وبدلاً من محاولة توضيح تاريخ لعلم الكلام، اخترنا توضيح تنوع المناهج الموروثة في هذا النظام من خلال وصف إسهامات بعض الرواد في جوانب مختلفة من حقل البحث. ومن هنا، فليس لزاماً أن يكون الرائد أكثر الناس أهمية، بل هو الأول في استخدام منهجٍ معين محدد.

فعلم الكلام هو دراسة «فيزيولوجية» إصدار الكلام، وصفات الكلام السمعية، والعمليات التي يستطيع المستمعون من خلالها فهم الكلام وإدراكه. وقد جَذب علم الكلام اهتمام العديد من اللغويين، وعلماء النفس، والمهندسين، والمتخصصون بعلل الكلام، أسبابها وأعراضها، فاللغويون مهتمون أساساً بالصوتيات الوصفية، والوصف «الفونولوجي» في لغات مختلفة، ودلائل الكلام الفهمية، وقياس درجة فهم الكلام، والطرق التي يستخدمها العقل في التعامل مع الرمز الكلامي. أما المهندسون فمهتمون أساساً بتحليل أصوات الكلام، وبث الكلام في أنظمة الاتصالات، وتطوير معرضات الكلام المرئي، وتطوير آلات تركيب الصوت وتجميعه، والآلات التي تميز الكلام والمتكلمين الفرديين. ويهتم المتخصصون بعلل

الكلام وأسباب هذه العلل بإصدار الكلام، بما في ذلك توليده في النظام العصبي المركزي وآليات ضبطه ونشاطه العضلي، وحركاته، ونتائج تغير ضغط الهواء والصوت. أما من ناحية عملية، فغالباً ما يشترك اللغوي، وعالم النفس، والمهندس والمتخصص بأمراض الكلام، في اهتمامات مشتركة ويعملون معاً في المختبر.

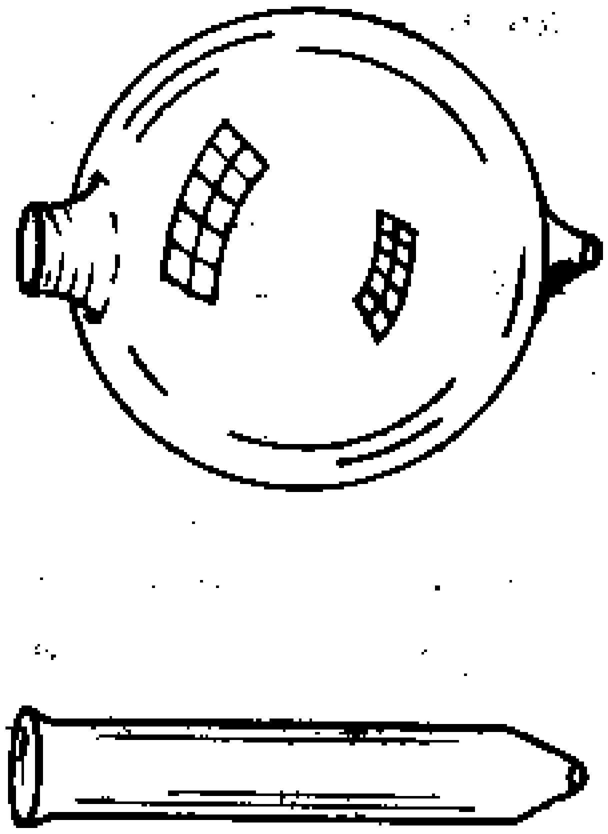
هيرمان فون هيلمهولتز Herman Von Helmholtz

الصفات السمعية للكلام: Acoustics of speech

كانت الأذن البشرية، ولما تزل، وسيلة قيّمة في دراسات صفات الكلام السمعية منذ زمن بعيد، قبل أن يأتينا العصر الإليكتروني بمحلّلات الترددات الإليكترونية وحواسيب القرن العشرين. ولد هيرمان لودويج فيردناند هيلمهولتز قرب برلين عام 1821، من نسب انجليزي، وإفرنسي وألماني. وقد استخدم أذنيه على نحو مكثف في دراسات الصفات السمعية للصوت البشري ورنين تجاويف المجرى الصوتي. وكان رجلاً واسع الاهتمامات؛ عاش قبل عصر التخصصات، فدرس الرياضيات، والفيزياء، والطب. وله إسهامات في حقول الفيزيولوجيا، والبصريات، والسمعيات، والرياضيات، والميكانيك والكهرباء من خلال بحوثه ومحاضراته الجامعية. وتجاوزت بحوثه وكتبه المطبوعة المائتين. كان والده مدرساً للفلسفة وفقه اللغة. وتنحدر أمه من أرومة ويليم بين (William Penn) من ناحية أبيها ومن أرومة فرنسية من ناحية أمها. ولأنه طفل معتل، عانى فون هليهمولتز من القواعد، والتاريخ، والمفردات، وكان يرتبك أثناء التمييز بين اليد اليمنى واليد اليسرى؛ لكنه كان واسع الاطلاع، وأظهر شغفاً مبكراً وحباً للطبيعة. وبعد دراسته الطب في جامعة برلين وعمله جراحاً في الجيش، أصبح أستاذاً في كونجزبيرج (Königsberg) ثمّ في بون، وانتهى به المطاف في هيلدل بيرج وبرلين. وكان يرفق التعليم بالبحث دائماً، فقد اعتقد أنه من الضروري أن يجرب ويظهر لنفسه الأسس والمبادىء التي سيعلمها في قاعة المحاضرات. درس حاسه السمع في جانبهاالفيزيولوجي وفي المظاهر المختلفة للإحساس أيضاً؛ وإحساس النغمة الخالصة، وسماع النغمات المركبة، استنبط رياضيات الرنين ملاحظاً أن نفخ الهواء عبر قارورات فيها قليل أو كثير من الماء يصدر

أصواتاً مختلفة. واكتشف أنه يمكن أن يجعل قارورة ترن مثل /u/ وقارورتين تصدران صوتاً في وقت واحد يشبه /o/. راجع الملحق رقم - 1 - للأصوات الصادرة.

وقد طوّر، من خلال كرات زجاجية فارغة عرفت فيها بعد بمرنانات هيلمهولتز، أنظر الشكل (2.1)، تقنية لتحليل مركبات النغمات المركبة.



الشكل 2.1: مرنانات هيلمهولتز

(Adapted from an illustration in «on the sensation of Tone as a physiological basis from the Theory of Music, 1863).

فقد كان يغطي طرف الكرة الزجاجية الصغيرة بشمع أحمر يستخدم في الأختام، وبذلك يحصل على هواء مضغوط نسبياً يدخل إلى قناة الأذنية. وقد صممت كل كرة على نحو تُولف فيه مع نغمة مختلفة. ومن خلال إغلاق أذنه الأخرى بالشمع الأحمر، استطاع سماع الأصوات المركبة، ويقوم المرنان في هذه الحالة بخفت معظم الأصوات ماعدا تلك القريبة في ترددها من تردده الطبيعي. وبهذا الشكل استطاع هيلمهولتز تحليل التردد الأساسي ونغمات الصوت الإنساني التوافقية ومعظم رنين التجويفات الواقعة فوق الحنجرة.

ولكي يجيب عن تساؤله حول امتلاك كل صائت عدد سمة مميزة في الغناء أو الكلام أو إن كان قاله رجل أو إمرأة أو طفل، أمسك هيلمهولتز بشوكات مرنانة ذات ترددات مختلفة أمام فمه وأمام أفواه الآخرين وهيّأ التجاويف الفمية المناسبة للصائت المحدد. وبذلك اكتشف أنّ الأشكال المختلفة تتمتع بترددات مرنانة مختلفة، ووفقاً لذلك حدد هيلمهولتز ما اعتقد أنه المرنانات المطلقة لكل صائت. واكتشف فيما بعد، على أية حال، أن صور الرنين تتعلق بأحجام المجاري الصوتية المختلفة. وطبع عام 1863 عمله العظيم حول الصفات السمعية للكلام ونظريات التوافقيات بعنوان:

«On the sensation of Tone as a physiological basis for the Theory of Music».

«حول أحاسيس النغمة كقاعدة فيزيولوجية في نظرية الموسيقى».

ويوصف هيلمهولتز بأنه عالم متحفظ وهادىء. أحبّ صعود الجبال، وادّعى أن معظم الأفكار كانت تخطر له عندما كان يسير في نزهة طويلة أو يصعد جبلاً مرتفعاً. تزوج مرتين، ورُزق بطفلين من زوجته الأولى التي توفيت عندما كان يعيش في هيدلبيرج. تزوجت ابنته من ابن فوتز سيمنس (Siemens) مؤسس المعهد الفيزيائي - التقني قرب برلين. شغل هيلمهولتز منصب مديره الأول. وكان أحد طلابه هنيرل هيرتز (Hertz) الذي برهن فيما بعد على وجود الموجات الكهرمغناطيسية، وسميت وحدة قياس عدد الدورات في الثانية باسمه (Hz). وبالإضافة إلى نشاطه العلمي كان هيلمهولتز يعتقد أن إلقاء المحاضرات العامة حول المواضيع العلمية لعامة الناس أمرٌ ضروريٌ. وكانت تلك عادة طبيعية في ألمانيا في عصره. وسيدهش هيلمهولتز، من دون أدنى شك، لو عَرف أنه يوصف الآن بأنه أحد رواد علم الكلام؛ لأن اهتماماته شملت أقساماً واسعة من المعرفة. فعلى سبيل المثال، اخترع المعيان (أداة لفحص باطن العين)، واستنبط البرهان الرياضي حول احتفاظ القدرة. ومن دون أي شك، ساعدنا هيلمهولتز على فهم بعض أهم المبادىء في السمعيات وفيزياء الكلام. مثل: تشكل نفثات الهواء الخارجة من الحبال الصوتية مصدر الصوت السمعي، وأن توافقيات الصائت ترن في البلعوم والتجاويف الفمية، وأنه يتم تمييز هذه الصوائت بسبب هذه الرنينيات المختلفة.

هنري سويت Henry Sweet

الصوتيات الوصفية Descriptive Phonetics

عندما ولد هنري سويت في انجلترا، كان هيلمهولتز يناهز الرابعة والعشرين وقد طبع بحثه الأول حول العلاقة بين الخلايا العصبية والألياف. لقد أتى سويت دراسة الكلام عن طريق مختلف تماماً؛ عن طريق الاهتمام باللغات والصوتيات. كان استاذ لفظ الإنجليزية، وكان أنموذج «هنري هجنز، Henry Higgins» في مسرحية بجماليون لبرناردشو» (George Bernard Show) التي حورها ليرنر «Lerner» ولويس «Loewes» إلى مسرحية غنائية عرفت بـ «سيدتي الجميلة، My Fair lady». تخرج سويت من كلية «بول أويل، Ball iol» من جامعة أكسفورد. وبما أنه لم يحصل إلا على ربع الدرجات النهائية في الامتحانات، فقد كان ذلك سبباً جزئياً لعدم منحه لقب أستاذ فقه اللغة مطلقاً. وكان مبجّلاً في ألمانيا أكثر من بلده الأم. ونتيجة لتأثره بمدرسة فقه اللغة الألمانية، والعملَ الرائع حول الصوتيات في الهند، ونظام الكلام المرئي الذي طوره الكسندر ميلفل بيل، «Alexander Melville Bell» لتعليم الصم وتثقيفهم، فقد طوّر سويت نظاماً صوتياً سمّاه (Broad Romic)، يمثّل فيه كلّ رمز مجموعة من الأصوات المتشابهة. وإنّ فكرته القائلة بأن العائلة المتشابهة من الأصوات التي تعمل معاً في اللغة، والتي يمكن تمييزها عن أصواتها المنفردة أثناء الكلام الشفوي، لفكرة جديدة، وبذلك يمكن القول إنه أول من اكتشف مفهوم الفونيم، على الرغم من أنه لم يستخدم الكلمة نفسها. وأدىّ نظام سويت الرمزي في نهاية المطاف إلى الأبجدية الصوتية العالمية الموجودة في الملحق رقم (1). ومن خلال نشر أحد كتبه «Handbook of phonetics» عام (1877) فقد أعدّ انجلترا لتكون مكان الولادة الأدبية لعلم الصوتيات لكنه لم يعين في منصب رئيس قسم دراسات فقه اللغة في جامعة لندن عام (1876). وأُهمل طلبُه ثانية عام (1885) بوصفه مرشحاً لشغل منصب أستاذية ميرتون في اللغة الانجليزية والأدب في جامعة أكسفورد. وقد أُدهش لغويو القارة الأوروبية لعدم الاعتراف بتفوق سويت الأكاديمي في بريطانيا. وقد عين مجرّد أستاذ مساعد في الصوتيات في جامعة أكسفورد.

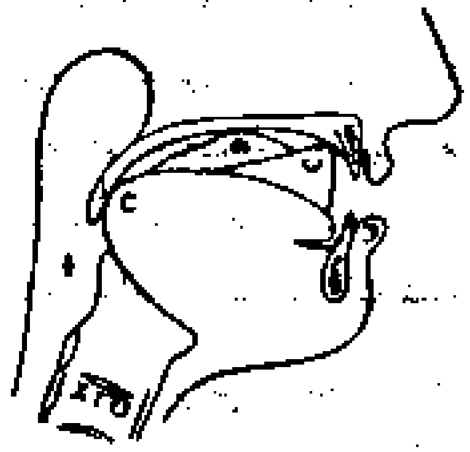
وقد كان سويت، على عكس هيلمهولتز الهادىء المتحفظ، حادّ المزاج، تهكميٌ

الطبع. وقد استمر في تألّقه العلمي وكتاباته رغم كل المثبّطات التي اعترته. ونشر كتابه «A History of English Sounds» عام (1874) ونقّحه عام (1875). ونشر كذلك «A primer of phonetics» مع وصف لكل لفظ عام (1890). وهو عضو قديم في جمعية فقه اللغة اللندنية. وقد اعترفت الجمعية بإسهامه المتميز في دراسة الصوتيات الوصفية في خطاب رئيس الجمعية الذي ألقاه كريستفر. ل. ورن «Christopher L. Wrenn» عام (1946) بعد أربعة وثلاثين عاماً من وفاته.

الكسندر جراهام بيل Alexander Graham Bell

تعليم الصم Teaching the Deaf

ولد الكسندر جراهام بيل في أدنبره عام (1847) بعد عامين فقط من مولد سويت في انجلترا، واشتهر فيما بعد على مستوى العالم بأنّه مخترع «الهاتف». ولقد عدّ نفسه دائماً مخترعاً وعالماً هوايةً ومعلّماً للصم احترافاً. كان والده ميلڤل بيل معلماً للكلام وفن الخطابة؛ وحاضر في جامعة أدنبره، وكتب كتباً وكراسات حول فن الخطابة. وكان أعظم إنجاز لميلڤل هو تطويره للكلام المرئي (الشكل 2.2).



«قبضت على اللص» I cought the thief

الشكل 2.2: صورة عن رسم في كتاب «English visible speech in twelve lessons» عام (1895). كتب بيل هذا الكتاب كي يشيع النظام الرمزي عند والده.

وهو في الأصل نظام من الرموز يمثّل المظهر «الفيزيولوجي» لكلّ صوت كلامي. وقد مُثل اللسان على شكل حافر الفرس؛ ويشير موقعه إلى القسم الأكثر نشاطاً في اللسان. وكانت هناك رموزٌ للشفتين والجهر، ومن ثم كان بالإمكان تمثيل أي صوت على نحو مرئي. قضى الكسندر جراهام بيل معظم حياته في تدريب الأساتذة على استخدام نظام والده الرمزي في وصف إصدار الكلام.

وكان الكسندر يدعى في طفولته بـ «Aleck»، وكان مرهف الإحساس الموسيقي، وشديد التعلق بالطبيعة ومعرفة أسرارها، لكنه لم يكن مهتّماً بالدراسات الرسمية. وفي سن الخامسة عشرة دعي «أليك» إلى لندن كي يعيش مع جده «بيل» البالغ من العمر سبعين حولاً؛ والذي كان مدرساً لفن الخطابة العامة، ومدرّساً أيضاً للتلاميذ الذين يعانون من التلعثم وعوائق الكلام الأخرى، وتحت رعاية جده وإرشاداته تعلم «أليك» كيف يمرّن نفسه على الدراسة الجديّة، وكيف يستقل بمصروفاته المادية، وكيف يلقي مقاطعَ من مسرحيات شكسبير، وكيف يلبس بوصفه رجلاً سيّداً أنيقاً.

وبعد مرور عام عاد إلى أدنبره كي يبدأ عمله الطويل في التدريس بينما لم يزل طالباً في ويستن هاوس في الجن «Elgin» أولاً، وبعدها في جامعة أدنبره. واكتشف، وهو غير مدرك أنه كان يكرر تجارب هيلمهولتز، مرنانات تجاويف المجرى الصوتي، من خلال الإطباق بأصابعه بسرعة على بلعومه وخدّية وهو ينفذ أشكال المجرى الصوتي ومواقعه المختلفة. وكذلك كرر تجربة تحديد ترددات المرنانات من خلال اهتزاز الشوكات الرنانة أمام فمه وهو ينفذ مواقع الصوائت المختلفة.

وبعد أن فقد أليك أخوين بسبب المرض؛ هاجرت العائلة إلى كندا حيث بلغ ميلفل سن التقاعد، وكان أليك في الثالثة والعشرين. وقد اشتهر أليك في بريطانيا بوصفه مدرساً ماهراً في تدريس الصم الكلام مستخدماً طريقة والده في الكلام المرئي. والتقى أليك المجموعة العلمية في بوسطن، وبدأ العمل بالعديد من أفكاره حول الاختراعات، وفي عام (1876) أطلق جملته المشهورة «السيد واتسون، تعال هنا، أرغب في مشاهدتك»، والتي سمعها مساعده واتسون، وفهمها عبر سماعة أول «هاتف» نصب بين مختبر بيل وغرفة نومه تحت القاعة الكبيرة.

تزوج بيل من مابيل هبارد «Mabel Hubbard» ابنة جاردنير هبارد الصماء عام (1877)، والذي كان أحد شركائه في تأسيس شركة هواتف بيل، وعادت العائلة لأمد قصير إلى إنجلترا لتشجيع استخدام الهاتف والكلام المرئي عند الصم. لكنّ العائلة، التي ضمت ابنتين، استقرت في نهاية المطاف في واشنطن خلال فصول الشتاء، وفي مزرعتهم الواسعة في نوفا سكوتيا خلال فصول الصيف. وعلى الرغم من أن بيل أنجز الكثير من الاختراعات المربحة لكنه عدّ عمله مع الصم الأبرز والأهم دائماً، أنشأ مكتب فولتا، وهو مركز للمعلومات حول الصم الذي طوّر مقياس السمع لقياس درجة السمع، واستمر في تشجيعه للكلام المرئي. وكان خلال حياته يسهر في الليل ويفضّل النوم إلى ساعة متأخرة صباحاً. واستطاع من خلال عمله ليلاً، أن يكون منعزلاً وأكثر إنتاجاً خلال أكثر سنواته نشاطاً. وعلى الرغم من كونه منطوياً على نفسه ومنعزلاً أساساً، استطاع الكسندر جراهام بيل أن يساعد الناس الآخرين على الاتصال فيما بينهم حتى أولئك الذين لم يستطيعوا السمع.

هومر. و. دادلي

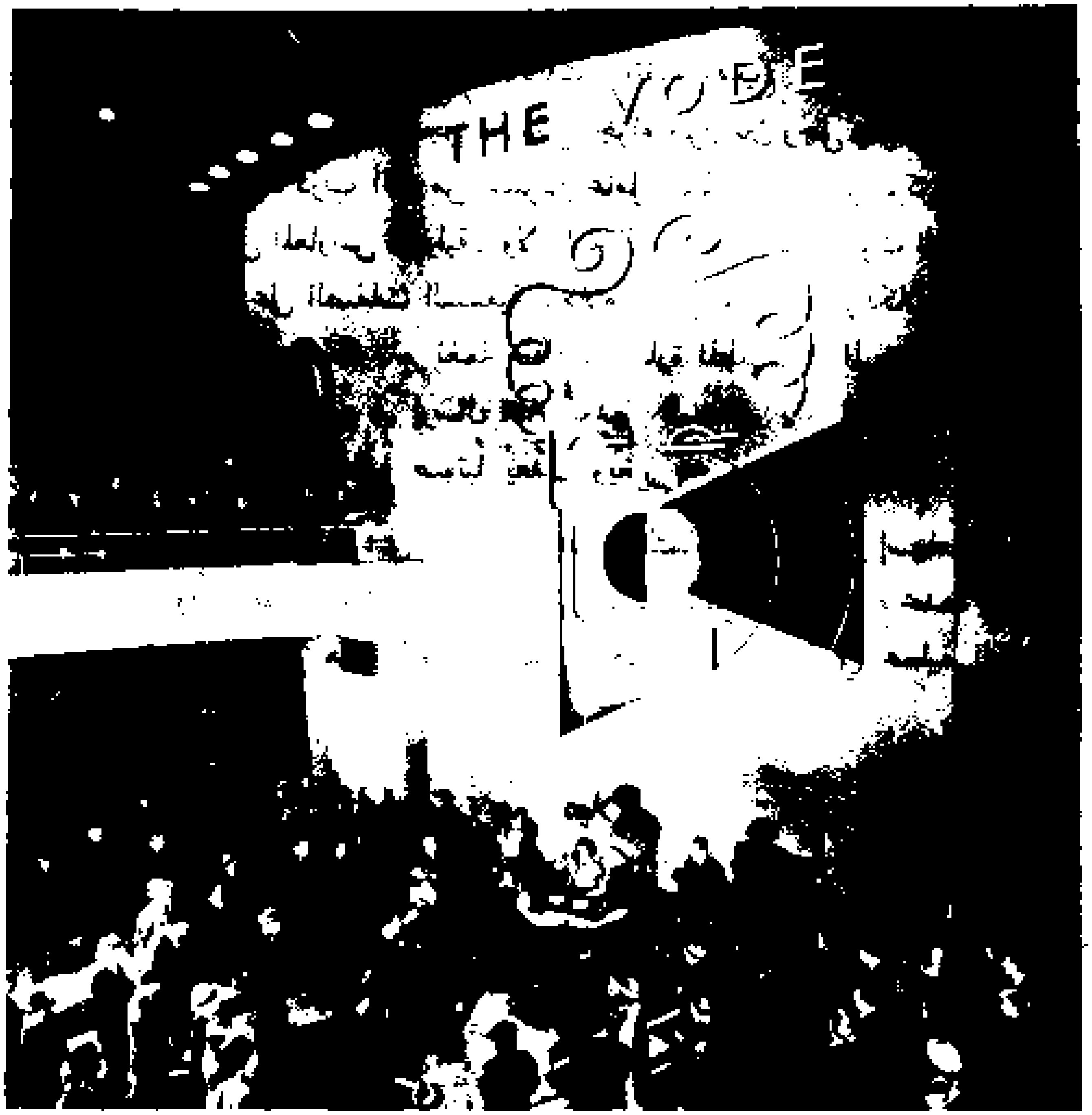
التركيب الالكتروني للتكلّم المستمر Electronic synthesis of continuous speech

استفاد علم الكلام من الإسهام الفيزيائي - الكلامي لهيلمهولتز، والإسهام اللغوي لسوييت، وإسهام شخص علل الكلام عند بيلل، وإسهام مهندس اليكتروني هومومر دادلي. كان دادلي رائداً في تركيب الكلام من خلال صنع أجهزة تصدر أصواتاً شبيهة بأصوات الكلام. كان الكلام يُصدر في القرن الثامن عشر والتاسع على نحو مصطنع من خلال معالجة آلية لرؤوس اصطناعية وآليات تثير الرئتين والحنجرة والمجرى الصوتي عند المتكلم، لكنه كان على تركيب الكلام الذي نعرفه اليوم أن ينتظر وصول دارات القرن العشرين الاليكترونية إنه اختراع دادلي الذي سمّي فودر «Voder» الذي صُمم في مختبرات بيل عام ١٩٣٧ - ١٩٣٨ والذي ركب كلاماً متواصلاً لأول مرة بوساطة دارات كهربائية.

بدأ دادلي حرفته في بنسلفانيا حيث انتقلت إليها عائلته من فيرجينيا حيث لم يزل

حدثاً في المدرسة. كان والده قَسّاً. وعند وصولهم إلى بنسلفانيا، استقبل والده طلاباً لتدريسهم آداب الإغريق والرومان وبعض المواضيع الأخرى، والمعارف التي تتطلبها حرفة الكهنة. تخرج هومر من المدرسة الثانوية مبكراً، ودرّس في تعيينه الأول الفصول: الخامس، والسادس، والسابع، والثامن في غرفة واحدة. أما في تعيينه الثاني - فكان يعلم طلاب المدارس الثانوية. وعندما وجد أنه من الصعب الحفاظ على النظام في غرفة الدرس، قرر إلغاء خططه في مواصلة التعليم، وبدأ يشق طريقه في جامعة بنسفانيا الحكومية، التي كانت تستقبل المناهج الخاصة في الهندسة الكهربائية آنذاك. انضم داخلي إلى مجموعة التقنيين في مختبرات بيل، وتحديداً، مختبر ويسترن اليكتريك «Western Electric» الذي انتقل، بعدئذٍ، إلى نيويورك. وبقي يعمل هناك لأكثر من أربعين عاماً؛ حيث قضى معظم وقته في قسم البث «الهاتفي».

ثم عمل مع روبرت رسز «Robert Riesz» وآخرين على تطوير الفوكودور. وكان الغرض من الفوكودور تصفية الكلام في عشر قنوات على نحو يسمح بإمكانية بث المعلومات ضمن أنطقة ترددية أضيق مما كان سابقاً. وبعد البث، تستخدم قناة المعلومات مع دارة صخب للأصوات الصامتة، ودارة رنين للصوائت في تركيب كلام قريب جداً من الكلام الأصلي ماعدا فقدان بعض الصفات النوعية للصوت. ولقد أجريت تجربة الفوكودور في الاحتفال بالذكرى المئوية الثالثة في هارفرد؛ وشقت الطريق، فيما بعد، إلى «الآلة الناطقة» الشهيرة المعروفة بـ «الفودور» «Voder» أي منتج لعملية الصوت. ورفع الستار عن الفودر في المعارض الدولية عامي (1939) و (1940)، (الشكل 2.3).



الشكل 2.8: عرض مختبرات بيل للفورد في المعرض العالمي عام (1939). (أعيد الطبع بترخيص من شركة الهاتف والبرق الأمريكية).

فقد تمكن من صنع أصوات كلامية مميزة، على الأقل، إن انتظر المستمعون معرفة نوع الألفاظ التي يتوقعونها. ويقوم العامل على الجهاز بدفع دواسة لمصدر المسهسة أو الجهر؛ ويضغط على عشرة مفاتيح كي يضبط المرنانات. وتقوم مفاتيح خاصة بتقليد الصوامت الانفجارية مثل /p/ أو /t/. وأثناء التجربة، يمكن إجراء حوار بين رجل وفودر تديره امرأة، على سبيل المثال. وقد درب أكثر من عشرين عامل هاتف على نحو مركز كي يديروا الفودور أثناء عروض المعارض الدولية. ولا يشبه الفودر مركبات الصوت السابقة لكونه يعتمد اعتماداً قوياً على الصفات السمعية للكلام وليس على نطقه (الكلام). مثلما تمّ إنجاز البث الإذاعي بوساطة تغير نغمة ناقلة بالإشارة المطلوبة أو المرجوة (ففي FM، نقوم بتغيير التردد، بينما نقوم في إرسال AM بتعديل الهمة). لقد تصور دادلي الكلام بوصفه نغمة ناقلة أو مصدراً صوتياً يُعدّل ويغيّر بحركات المجرى الصوتي.

يعيش دادلي الآن بهدوء في نيوجرسي وهو في الثمانينيات. وتمثل إسهاماته في علم الكلام في أنه وضّح طبيعة الكلام الناقلة وطبق نظرية الناقل على مبادىء محددة في تحليل الكلام وتركيبه. تشكل هذه الأفكار أسس التصورات الحديثة في عملية الكلام.

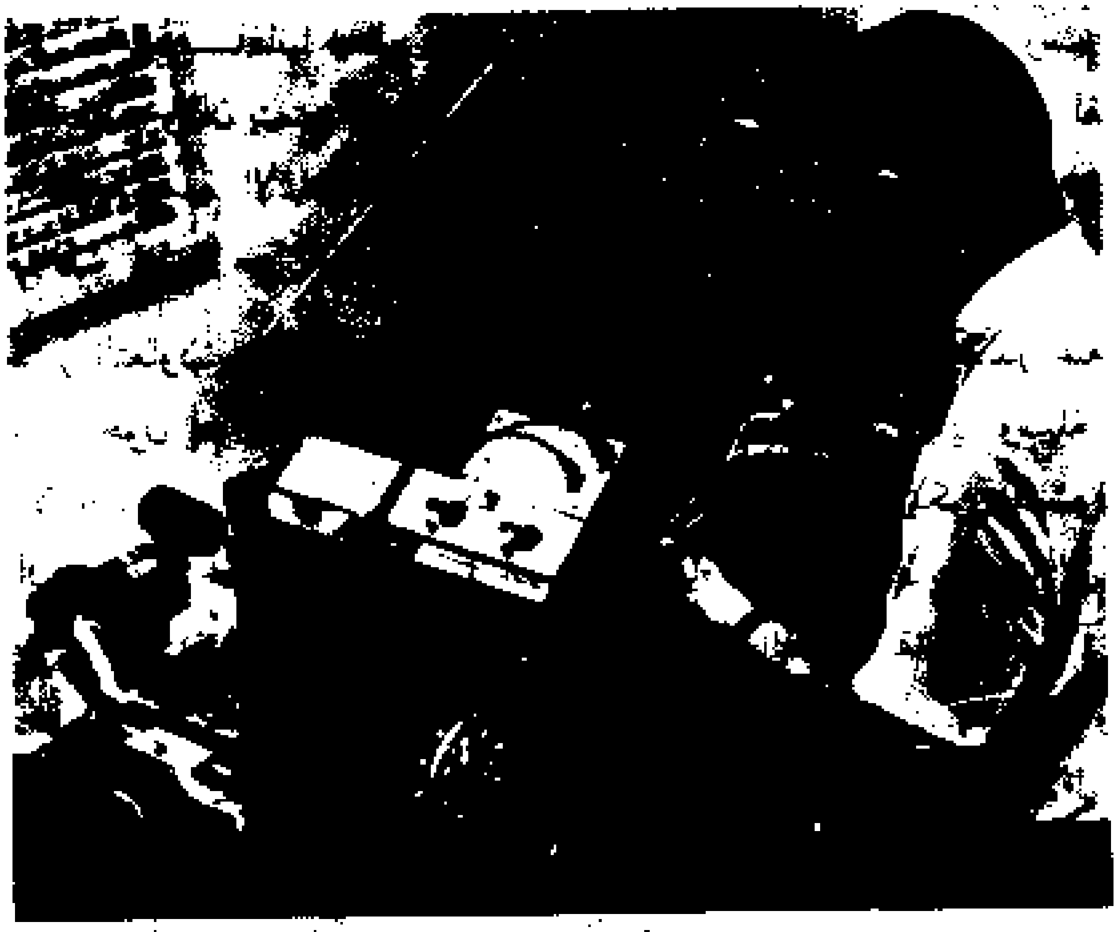
فرانكلين كوبر، آلفن ليبرمان وبيير ديلاتر
Franklin Cooper, Alvin Liberman, and Pierre Delattre.

إدراك الكلام وقارئة النمط — Perception and the pattern play back

لقد اخترنا بعض الرواد الذين أسهموا في دراسة إصدار الكلام بوصفاته السمعية، لكنّ قليلاً من العمل المنظّم حول إدراك الكلام كان ممكناً إلى أن تكونت معرفة كافية عند علماء الكلام حول صفات الكلام السمعية وكيفية ضبط العوامل السمعية واحداً بعد الآخر أثناء اختبار المستمعين. إن تطوير رالف بوتر «Ralph Potter» وزملائه مرسمة الطيف الصوتي في الأربعينيات في مختبرات بيل قد زودنا بأداة سمحت للباحثين بتحليل الترددات المتمثلة في الكلام على محور الزمن على نحو مناسب، منتجين عرضاً بصرياً سميّ الطيف الصوتي. ولقد أحدثت مرسمة الطيف هذه تزايداً مفاجئاً في المعلومات حول صفات الكلام السمعية، وبقيت الأسئلة الخاصة بإدراك الكلام على ما هي عليه: ما السماتُ الهامة للصوت المركب أثناء السماع للكلام؛ وما العوامل الأقل

أهمية؟ ومن أجل اكتشاف الأجوبة، وابتغاء الوصول إلى الإجابات، وحدّ مهندسٌ، ولغويٌّ، وعالم نفس جهودهم في مختبرات هاسكنز (Haskins) الموجودة آنذاك في نيويورك لتحري إدراك الكلام وتقصيه.

لقد تصوّر بوتر آلة على عكس مرسمة الطيف الصوتي، حيث تدخلها أنماطٌ بصرية، وتقوم بتحويلها إلى صوت. وقد رأى فرانكلين كوبر في مختبرات هاسكنز أن تطوير مثل هذه الآلة سيكون وسيلة مؤثرة وفعّالة في دراسة إدراك الكلام. ولد كوبر وتلقى علومه في الينوز (Illinois)، وحصل على الدكتوراه في الفيزياء من معهد ماسوشوستس التقني عام (1939). وأصبح كوبر مدير البحث المشارك في مختبرات هاسكنز؛ حيث مكث هناك مديراً ورئيساً لها لمدة عشرين عاماً. وحيث يعمل الآن مديراً مشاركاً. عمل كوبر، في جزء من مجهوده، على تطوير آلة تساعد العمي على القراءة، وهي «مركب قارئة النمط» (The pattern play back synthesizer) أنظر الشكل (2.4).



الشكل 2.4: ف. س. كوبر وهو يرسم مقطعاً على قارئة النمط. كان يركّب الصوت من خلال تحويل أنماط مرسومة على حلقات فلم من الأسيتات إلى رموز سمعية بوساطة نظام كهربائي - ضوئي.

حصل عالم النفس ألفن لبرمان على درجة الإجازة والماجستير من جامعة ميسوري (Missoure) وعلى الدكتوراه من جامعة ييل (Yale). وهو الآن عضو قسم علم النفس في جامعة كونيكتيكت (Connecticut)، وأستاذ مساعد في جامعة ييل. التحق بمختبرات هاسكنز عام (1944) وهو الآن رئيسها، استخدم مع كوبر قارئة النمط على نحو منتظم للتأكد من صحة العوامل السمعية المؤثرة في الكلام، التي تقرر وتحدد الدلائل المستخدمة في إدراك الكلام.

وبدعوة من كوبر ولبرمان، انضم ديلاتر الفرنسي المولد - إلى العمل المخبري حول إدراك الكلام في مختبرات هاسكنز في الخمسينيات. كان ديلاتر خبيراً في اللغويات الفرنسية، وكان تخصصه الدقيق تعليم الأجانب التمكن الكامل من الصوتيات الفرنسية. أشرف لمدة ستة عشر عاماً على برنامج الصوتيات الفرنسية الذي كان يجري في فصول الصيف في كلية ميدل بيري (Middle Bury) في فيرمونت (Vermont). وكان عضواً في الكلية في جامعة بنسلفانيا معظم وقته. وكان ديلاتر يتمتع بنظر ثاقب في رسم الأنماط على قارئة النمط، وكان يتمتع أيضاً بصبر طويل في السماع لتأثيرتها السمعية. لقد تعلم القواعد اللازمة لرسم الأنماط اللازمة لبعض الجمل مثل: «on, my aching back»، حتى أنه آلف قطعة من الموسيقى المركبة بعنوان: «Scotia Plaid».

استمر التعاون بين كوبر، ولبرمان، وديلاتر حتى وفاة ديلاتز. وصدرَ عنه معظم العمل المبكر حول إدراك الكلام. وبقيت قيمة قارئة النمط، بوصفها وسيلةً لادراك الكلام، لا تضاهى حتى وصول المركبات الصوتية الحاسوبية، ويمكن للمشرف على التجربة أن يرى في لحظة واحدة النمط السمعي بتمامه، ويمكنه أن ينصت إلى صفاته السمعية مراراً وتكراراً. ومن خلال تغير البعد السمعي، الذي يعتقد أنه مهم في إدراك الكلام، على نحو منظم استطاع الباحثون الطلب من المستمعين أن يقارنوا، ويحددوا المسبب أو المنبّه المركب (synthesized stimuli). ومن خلال أمثال هذه الوسائل، استطاعت مجموعة هاسكنز، التي ضمت العديد من الباحثين الآخرين، أن تظهر فاعلية التجربة اللغوية في إدراك الكلام، وفاعلية السياق في إدراك الفونيمات واحداً بعد الآخر. ونذكر هنا فاعلية مختبرات هاسكنز الرائدة في دراسة إدراك الكلام على نحو منظم لأنها تمثل مثالاً جيداً النقطة التي نريد تأكيدها وهي أن السبل إلى علم الكلام

عديدة ومتنوعة. ويوجد في هاسكنز اليوم مهندسون، ولغويون، ومتخصصون في أمراض الكلام، وعلماء نفس، وهم مهتمون جميعاً بالصوتيات التجريبية أو علم الكلام.

ومنذ ذلك الحين Since then

يمكن القول، على الجملة، إنّ الدراسة التجريبية للصفات السمعية للكلام تسبق دراسة فيزيولوجيته. ولدينا الآن كمٌّ كبيرٌ من المعلومات حول الصفات السمعية للكلام من خلال تحليل مرسمة الطيف الصوتي، أي: تحليل الرمز الكلامي وفقاً لترددات الصوت المتعددة التي تؤلفه، وتركيب الكلام المنتظم. ولقد مكنتنا هذه المعرفة من تركيب الكلام وجعل الأجهزة الناطقة إمكانية قائمة. لكنّ معرفتنا حول «فيزيولوجيا» الكلام المعتمدة على الدراسات التجريبيّة هي أقلّ. لكنّ العمل يتطور في هذا الجانب بسرعة من خلال جهود العديد من علماء الكلام في الجامعات والمختبرات في الولايات المتحدة الأمريكية وخارجها. يتفرع بحث إدراك الكلام الآن في عدة اتجاهات: إدراك الطفل والحيوان، وظيفة نصفي كرة المخ في إدراك الكلام، وظيفة السياق والتجربة اللغوية في إدراك الكلام، وظيفة الذاكرة والإنتباه، والبحث في المراحل العاملة الموجودة في إدراك الكلام.

هناك أسلوبان متداخلان يتقاسمان معلومات البحث في الكلام. الأول: هو الحضور والمشاركة في اللقاءات التي تنظمها المنظمات المتخصصة. وأكبر هذه اللقاءات إنما تحدث في لقاءات جمعية السمعيات الأمريكية في الخريف والربيع (ASA) حيث تقدم البحوث في هذه اللقاءات، ويتم تبادل الآراء. وميدان آخر لتبادل الآراء المتخصصة هو الاجتماع التقليدي السنوي لجمعية الكلام واللغة والسمع الأمريكية (ASHA) حيث يحضر هذا اللقاء علماء كلام ينتمون إلى منظمات متخصصة أخرى على صعيد الولايات المتحدة الأمريكية والصعيد الدولي. وقامت محاولة تهدف إلى تثبيت الأسس والمبادىء المطروحة المختلفة وتقويتها تمثلت بتأسيس الجمعية الأمريكية للعلوم الصوتية. وتُعقد اجتماعات هذه الجمعية إما على هامش اجتماعات (ASA)، وإما بعدها مباشرة وهناك مؤسسة عالمية بارزة هي المؤتمر العالمي للعلوم الصوتية الذي يجتمع مرة كل أربعة أعوام في بلدان مختلفة.

والمنبر الثاني لتبادل الآراء ونتائج البحوث هو الدوريات التي تصدرها (ASHA) و (ASA) وهي الجمعيات الوطنية الآنفة الذكر. تصدر (ASA): Journal of the Acoustical Society of America «مجلة جمعية العلوم السمعية الأمريكية» ويطلق عليها عادة (JASA).

وتصدر (ASHA) مجلة بحث أساسية واحدة وهي: Journal of speech and Hearing Sesearch «مجلة بحوث الكلام والسمع».

وهناك مجلة أخرى في البحث السريري وهي: Journal of speech and Hearing Disorders «مجلة علل الكلام والسمع».

بينما تمثل «مجلة الصوتيات» «Journal of phonetics» منشوراً حديثاً يشدّد على الصوتيات التجريبية.

وهناك العديد من الدوريات الأخرى حول إصدار الكلام، وصفات الكلام السمعية، وإدراك الكلام، نذكر منها:

Speech and Language الكلام واللغة.

Brain and Language الدماغ واللغة.

Perception and Psychophysics الإدراك والفيزياء السمعية ـ النفسية.

Phonetica فونتيكا

Folia Phoniatrica. فوليا فونياتريكا

وتظهر بعض البحوث النظرية، أحياناً، في الدورية النقدية «Psychological Review».

وتظهر كذلك بعض الدراسات الجيدة المبدعة في «مجلة الجمعية الأمريكية لتطوير العلم»:

Journal of the American Association for the Advancement of Science»

وكذلك في مجلة «العلم» «Science». وغالباً ما يرسل العلماء أنفسهم نسخاً من مطبوعاتهم مجاناً بناء على طلب مكتوب.

وتتبادل مختبرات الكلام أوراق العمل أو التقارير الخاصة بنجاح التجارب وتقدمها بوصف ذلك وسيلة أخرى لنشر المعلومات. ومن المطبوعات التي تقرأ على نطاق واسع:

«Quarterly progress Report» التي يصدرها مختبر البحث الالكتروني في معهد ماسوشوستس التقني في كامبردج، ماسوشوستس، و«Speech Transmission Quarterly» التي يصدرها المعهد الملكي للتكنولوجيا (KIH) في استكهولم، السويد، و «Staqtus Report on speech Research» التي تصدرها مختبرات هاسكنز في نيوهيفن في كونيكتيكت. وتوزع العديد من الجامعات أوراقاً وبحوثاً حول علم الكلام يكتبها أعضاء هيئة التدريس والطلبة هناك.

وتمثّل مستقبل علم الكلام في العمل الذي يهدف إلى توضيح الطرق والوسائل التي يظهر فيها تداخل إصدار الكلام مع إدراكه، وفي العمل الذي سيقود إلى إدراك الكلام وتمييزه وتركيبه «ذاتياً». وسنبحث في الفصول الثلاثة القادمة بعض ما هو معروف الآن عن صفات الكلام السمعية، وإصدار الكلام، وإدراك الكلام.

مراجع الفصل الثاني

Bell, A. G., *The Mechanism of Speech*. New York: Funk & Wagnalls Co., 1906.

Bell, A. G., *English Visible Speech in Twelve Lessons*. Washington, D. C.: Volta Bureau, 1895.

Bell, M., *Visible Speech: The Science of Universal Alphabetics: or Self-Interpreting Physiological Letters for the Printing and Writing of all Languages in one Alphabet; elucidated by Theoretical Explanations, Tables, Diagrams, and Examples*. London: Simpkin, Marshall, & Co., 1867.

Bronstein, A. J., Raphael, L. J., and Stevens, Cj. (Eds.), *Biographical Dictionary of the Phonetic Sciences*. New York: The Press of Lehman College, 1977.

Bruce, R. V., *Bell: Alexander Graham Bell and the Conquest of Solitude*. Boston: Little, Brown & Co., 1973.

Delattre, P. C., Liberman, A. M., and Cooper, F. S., Acoustic Loci and Transitional Cues for Consonants. *J. Acoust. Soc. Am. 27*, 1955, 769–773.

Dudley, H., The Carrier Nature of Speech. *Bell Syst. Tech. J. 19*, 1940, 495–515. Reprinted in Flanagan, J. L., and Rabiner, L. R. (Eds.), *Speech Synthesis: Benchmark Papers in Acoustics*. Stroudsburg, Pa.: Dowden, Hutchinson & Ross, Inc., 1973, pp. 22–42.

Dudley, H., Reisz, R. R., and Watkins, S. A., A Synthetic Speaker. *J. Franklin Inst. 227*, 1939, 739–764.

Helmholtz, H. L. F., *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig: F. Vieweg und sohn, 1863. Translated, *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*. 2nd English translation from the 4th German edition of 1877 by A. S. Ellis. New York: Dover Publications, 1954.

Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. P., and Studdert-Kennedy, M., Perception of the Speech Code. *Psychol. Rev. 74*, 1967, 431–461. Also in David, E. E., Jr., and Denes, P. B. (Eds.), *Human Communication: A Unified View*. New York: McGraw-Hill, 1972, pp. 13–50.

McKendrick, J. G., *Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz*. New York: Longmans, Green & Co., 1899.

Sweet, H., *Handbook of Phonetics*. Oxford: Clarendon Press, 1877.

Sweet, H., *History of English Sounds*, Revised. Oxford: Clarendon Press, 1888.

Sweet, H., *A Primer of Phonetics*. Oxford: Clarendon Press, 1890.

Wrenn, C. L., Henry Sweet: Presidential Address delivered to the Philological Society on Friday, 10th May, 1946. Reprinted in Sebeok, T. A. (Ed.), *Portraits of Linguists*. Bloomington, Ind.: Indiana University Press, 1966, pp. 512–532.

الفصل الثالث
السمعيات

(الصوتيات السمعية)

**«Holla your name to the reverberate hills,
And make the babbling gossip of the air cry out.»**

اصرخ باسمك إلى الهضبات التي تردد الصدى
واجعل فقاعات الهواء الناعمة تصرخ مدوّية .

ويليام شكسبير، الليلة الثانية عشر **William Shakespeare, «Twelfth Night»**

تسمّى دراسة الصوت بعلم السمعيات، وبما أن الكلام جدولٌ صوتي متجدّد دائماً، يبدو لزاماً إذاً فهم طبيعة الصوت بوضوح قبل أن يفهم المرء بدقة إصدار المتكلمين للكلام وفهم المستمعين لأصواته وإدراكها.

وأول ما يجب فهمه بشأن الصوت هو أنه لا يملك مادة تؤلفه. إنه لا شيء، فلا يملك كتلة أو وزناً. إنه عبارة عن مجموعة من الحركات أو الاضطرابات. يمكن أن تحدث موجة صوتية من اضطراب في غاز كالهواء مثلاً، وفي سائل كالماء أو حتى في الأشياء القاسية كأنبوب أو سكة حديدية. ويشكلّ الهواء عادة وسيلة نقل الأصوات الكلامية، ولذلك فإننا سنركز في هذا الفصل على الصوت في الهواء.

إنّ إحدى صعوبات المحاولة الأولى لفهم الصوت هي حقيقة عدم رؤيته. وبما أن جزئيات الهواء غير مرئية للعين المجردة فإن الخلخلة المتحركة عبر الهواء لا يمكن رؤيتها. والمشكلة الثانية في فهم الصوت هي حقيقة أن معظم الأصوات مركبة. وينتج عن هذا نمط مركب من خلخلة جزئيات الهواء. وللتغلب على هذه الصعوبات في الفهم، يجب على المرء جعل ما هو غير مرئي مرئياً، والبدء بأبسط أنماط الصوت أي: النغمة الخالصة.

النغمة البسيطة: مثال للحركة التناغمية البسيطة A pure Tone: An example of simple Harmonic Motion

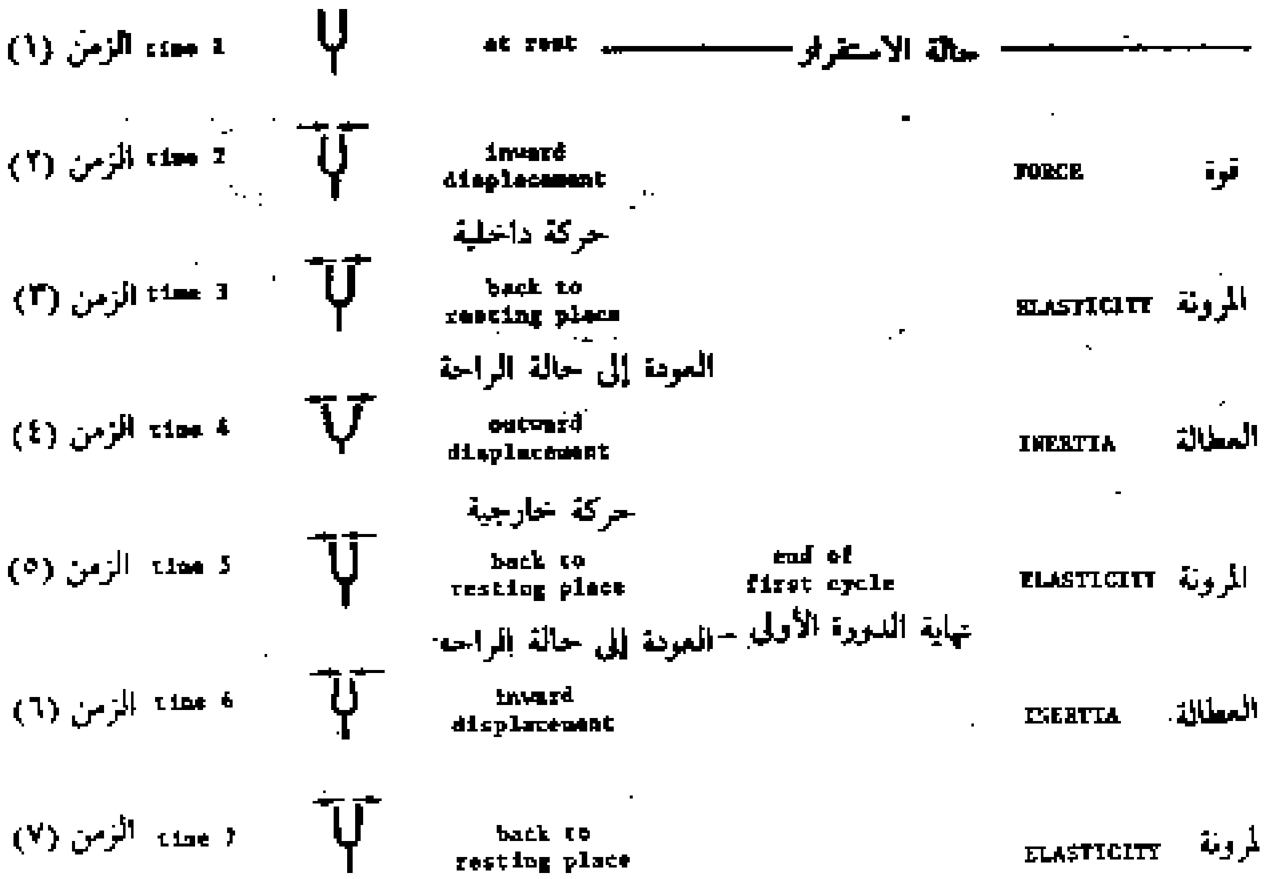
نادراً ما يسمع المرء نغمة بسيطة في عالم الأصوات. فمعظم الأصوات التي نسمعها من ضوضاء الشوارع إلى أصوات الموسيقى، هي أصوات مركبة لأنها تتألف من العديد من ترددات العديد من النغمات التي نسمعها في وقت واحد. تمتلك النغمة البسيطة تردداً واحداً من الذبذبة يكرر نفسه بعددٍ ثابت في الثانية. نسمي عدد الدورات في الثانية بـ «التردد». فبعض الآلات الموسيقية مؤلفة على نطاق ضيق ولا تهتز إلا لعدة ترددات، ولكن للحصول على تأثير التردد الواحد تتكوّر شوكات مرنانه (الشكل 3.1 بحيث تهتز أساساً لتردد محدد. يصدر هذا الاهتزاز أساساً نغمة بسيطة، وهي أبسط الأصوات، ومن ثم فهي الأسهل في الوصف

الشكل 3.1: شوكة مرنانة تصدر نغمة بسيطة (جامعة تيمبل Temple University).

فعندما تُضرب الشوكة المرنانة، وتبدأ الذبذبة، ستتذبذب في حركة تناغمية بسيطة، وستتحرك شعبتا الشوكة المرنانة إلى الأمام والخلف بعددٍ ثابتٍ في الثانية، بغض النظر عن قوة الضربة التي سببت تحركها أو ذبذبتها. وستسبب الصدمة الأولى تحرك شعبتي الشوكة المرنانة بعيداً عن حالة «الاستقرار» بسبب مرونة المواد الداخلة في تركيبها، لكنّ شعبتي الشوكة تعودان إلى حالة الاستقرار. تمثل المرونة القوة المعيدة التي تسبب عودة الجزيئات في وسط مرن عندما تُحرك من وضعها الأصلي. إضغط بإصبعك على القسم السمين في ذراعك أو ساقك، تكتشف أن النسيج العضلي يعود إلى وضعه

السابق بسرعة. لكن الحركة لا تنتهي في الحركة التناغمية البسيطة بالعودة المرنة للجزئيات، أو بعودة شعبتي الشوكة المرنانة كما في حالتنا الراهنة. فالمتذبذب أو المتحرك يستمر في التحرك في الفضاء المحيط الساكن بسبب العطالة، والعطالة صفة تجعل الجسم المتحرك دائم الحركة، والساكن دائم السكون، فلو كان هناك جسمٌ ساكنٌ مثلاً، فإننا نحتاج إلى قوة أو قدرة لإبقائه في حالة السكون أو عدم التحرك أقلّ من تلك القدرة التي نحتاجها في تحريكه بسبب العطالة. ومن وجهة أخرى، لو كان هناك جسم في حال الحركة فإنّ إبقاءهُ في حال الحركة أسهل من إيقافه بسبب العطالة أيضاً. وإننا نظهر نوعاً أو شكلاً أو سلوكاً من أشكال العطالة عندما نستمر في مراقبة «التلفاز» بعد انتهاء برنامجنا المحبب، على الرغم من كون البرنامج اللاحق غير ممتع أو مسلّ بالنسبة إلينا. وتستمر شعبتا الشوكة المرنانة في التحرك حتى عودتهما إلى مكانهما الأصلي بسبب المرونة؛ ولكنهما يستمران في الحركة حتى تتضاءل السرعة بسبب المقاومة، وبعد ذلك تعودان ثانية إلى نقطة الاستقرار بسبب المرونة وتكرار الدورة نفسها.

لقد وصفنا دورة واحدة من الذبذبة في الحركة التناغمية البسيطة، لكنها تستلزم مزيداً من الشرح حتى تتوضح أكثر. يوضح الشكل (3.2) الخطوات التي تحدث خلال دورة ونصف دورة في ذبذبة الشوكة المرنانة.



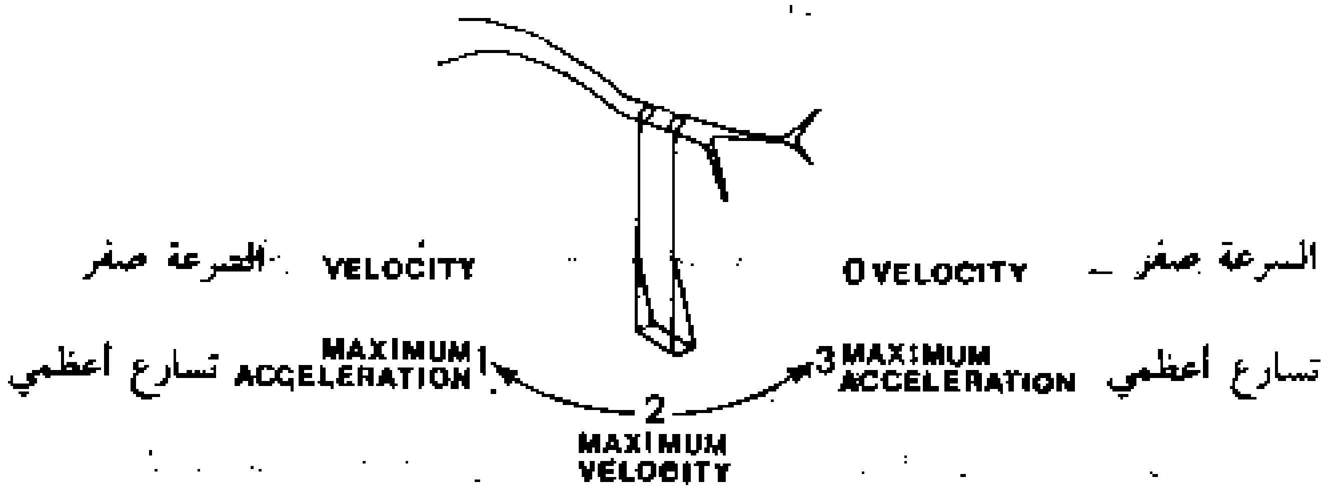
الشكل 3.2: حركة شوكة مرنانة في دورة ونصف من الذبذبة.

The Swing analogy: An Example Of Velocity Gradation In Simple Harmonic Motion

التمثيل بالأرجوحة: مثالٌ عن تفاضل السرعة في الحركة التناغمية البسيطة.

أنظر إلى الحركة التناغمية البسيطة لأرجوحة تتدلى من غصن شجرة. فعندما تُحرِّك الأرجوحة من نقطة استقرارها بسحبها إلى الخلف وتركها، لن تعود إلى نقطة استقرارها فحسب بل تتعداها. وتكاد هذه الحركة إلى الأمام والخلف تشبه ـ على الرغم من اختلافها في بعض المظاهر ـ حركة جزئيات الهواء عندما تهتز أثناء بث الصوت.

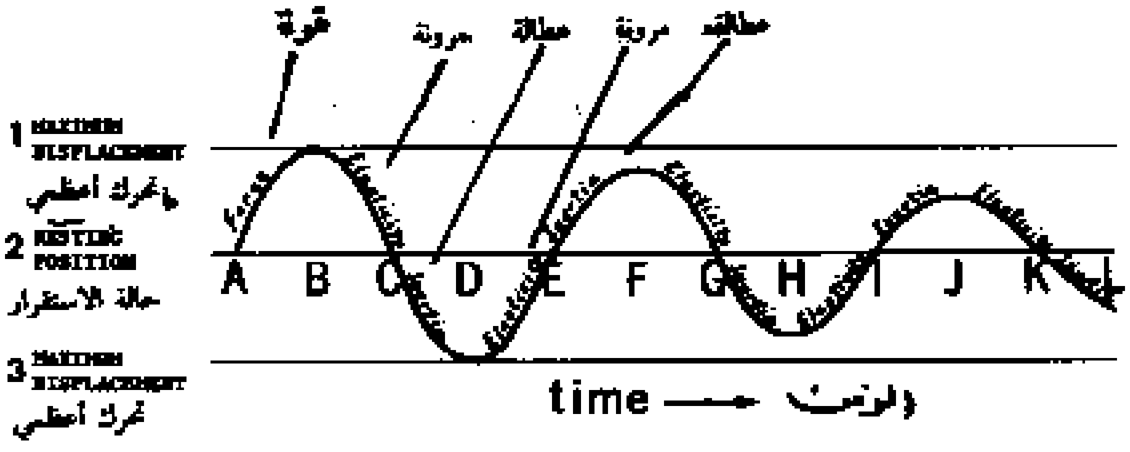
توضح حركة الأرجوحة صفة أساسية للحركة التناغمية البسيطة وهي الطريقة المستمرة التي يغير فيها جسم متحرك سرعته؛ وفي هذه الحال، سرعة تغير الأرجوحة باتجاه معين. رُقمت النقطة التي تقع تحت الأرجوحة مباشرة وهي في حال الاستقرار بالرقم -2- في (الشكل 3.3).



الشكل 3.3: الحركة التناغمية البسيطة لأرجوحة. تكون سرعة الأرجوحة صفراً عند نهايتي رحلتها عندما تغير اتجاهها. وتبلغ السرعة أقصاها في النقطة -2- نقطة منتصف الرحلة.

تخيّلْ أنّ قوة ما سوف تحرك الأرجوحة إلى النقطة -3- حتى تتوقف تماماً. تتغير سرعة الحركة أثناء التأرجح وتتضاءل السرعة تدريجياً عندما تقترب الأرجوحة من -1- و -3- حيث تهبط إلى الصفر للحظة قبل أن تغير اتجاهها. وتصل السرعة إلى مداها الأعظم في كل مرة تمر فيها الأرجوحة فوق نقطة الاستقرار. وحيث أنّ الأرجوحة تبلغ نقطة تتوقف فيها تماماً وذلك في نهايتي كلّ شوط، سيحدث «التزايد الأعظمي» عندئذ، وهو نسبة تغيّر السرعة عند هاتين النقطتين الواقعتين في أقصى بعدٍ حيث تغير الأرجوحة اتجاهها.

فلو رسمت حركة الأرجوحة على محور الزمن فإنها ستبدو كما في الشكل (3.4).



الشكل 3.4: شكل موجة ناتج عن رسم حركة تناغمية بسيطة لأرجوحة.

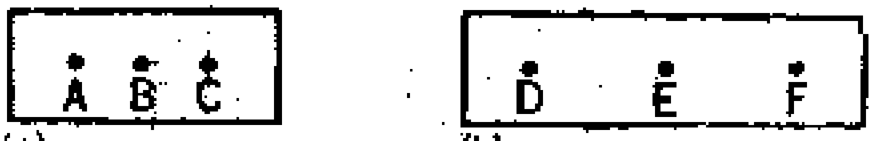
أعطيت السرعة درجة الصفر وتسارعاً أعظمَ في النقاط J, H, F, D, B و L. وأعطيت السرعة القصوى أثناء تقاطعها مع نقطة الصفر (موقع نقطة الاستقرار): أي: I, G, E, C و K. لاحظ أيضاً أن الحركة تتلاشى تدريجياً نتيجة فقدان القدرة الناتجة عن الاحتكاك يسمى هذا النقصان في سعة الحركة بـ «التضاؤل» أو «التخافت». لاحظ أيضاً أنه على الرغم من أنّ شوط حركة الأرجوحة يتلاشى تدريجياً لكنّ درجة تردده تبقى ثابتة. والتردّد هو عدد الدورات في الثانية، وكما هو واضح في

الشكل 3.4 فإن الوقت الذي تستهلكه الأرجوحة لتقطع شوطاً كاملاً من A إلى E يساوي تماماً الوقت الذي تستهلكه من E إلى I. ويسمى الوقت الذي يستهلك في كل دورة بـ «الفترة»، فلو كان التردد يساوي عشرين دورة في الثانية ستكون الفترة مساوية عندئذ، لـ 1/20 من الثانية أو خمسين ميلسكند. وشكل الحركة التناغمية البسيطة هو شكل الموجة الجيبية نفسه. فالنمط بسيط لأنه لا يوجد سوى تردد واحد من الذبذبة. إنه يكرر نفسه حتى يتلاشى ومن ثمّ فهو دوري.

حركة الجزيء في الصوت Particle movement in Sound

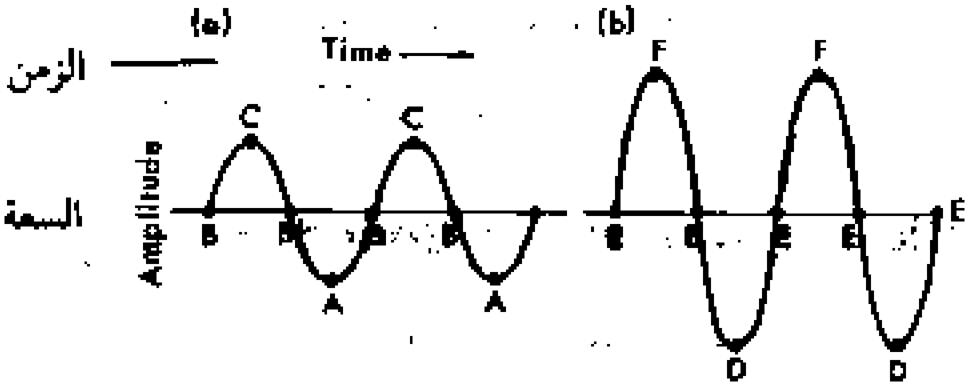
تتحرك الجزئيات الفردية في صوت نغمة بسيطة استجابة لمذبذب نغمة بسيطة كما في الحركة التناغمية البسيطة. لكنّ هذه الجزئيات لا تتحرك على شكل قوس كما هي الحال في حركة الناقوس أو الأرجوحة. إن حركة جزئيات الهواء المتحركة استجابة لمذبذب حركة تناغمية بسيطة تتحرك بحركة توافقية بسيطة، ولكن في اتجاه انتشار الموجة، كما سنوضح ذلك على نحو مفصّل في هذا الفصل.

حاول التحرك بحركة تناغمية بسيطة. ضع إصبعك أو قلم رصاص على الدائرة الوسطى المعلّمة بـ B في الشكل (A. 3.5). حرّك القلم أو إصبعك الى C وبعد ذلك إلى A، وبعدها إلى C. تابع هذه الحركة بتردد بطيء نوعاً ما ولكن من دون توقف. حاول تحريك إصبعك بالتردد نفسه، ولكن بجعل الشوط أكبر اعتباراً من نقطة الاستقرار مستخدماً الشكل (B. 3.5) كي تحدد المدى.



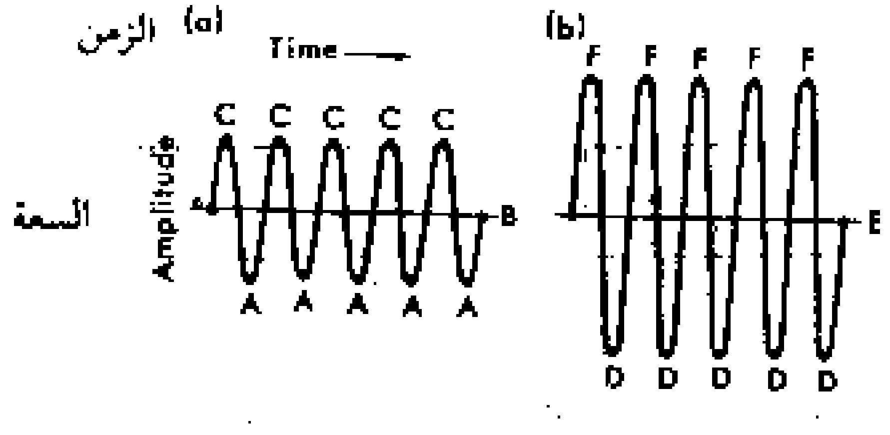
الشكل 3.5: قلّد حركة تناغمية بسيطة من خلال تحريك إصبعك على نحو متواتر (منتظم) من (B) إلى (C) فـ (B). دع إصبعك تتذبذب تدريجياً وغير السرعة باستمرار. كرر التجربة نفسها ولكن بتضاؤل السعة وبالتردّد نفسه.

يمكن إيضاح الحركات التي تصنعها بقلم الرّصاص أو إصبعك على محور الزمن من خلال رسم السعة. يسمّى الشكل، عندئذٍ، (السعة على محور الزمن) بشكل الموجة كما في الشكل (3.6).



الشكل 3.6: شكل الموجة للحركة التناغمية البسيطة في الشكل 3.5. تختلف (a) عن (b) في السعة لكنهما يتساويان في التردد.

دعنا نعد الآن إلى الشكل (3.5). حاول تجربة الحركة التناغمية البسيطة بسعة ثابتة نسبياً بين (A) و (B). ولكن حاول أن يكون التردد مرتفعاً نسبياً (عدد الحركات متزايد في الثانية الواحدة). ستبدو أشكال الموجات، عندئذٍ، كما في الشكل (3.7).



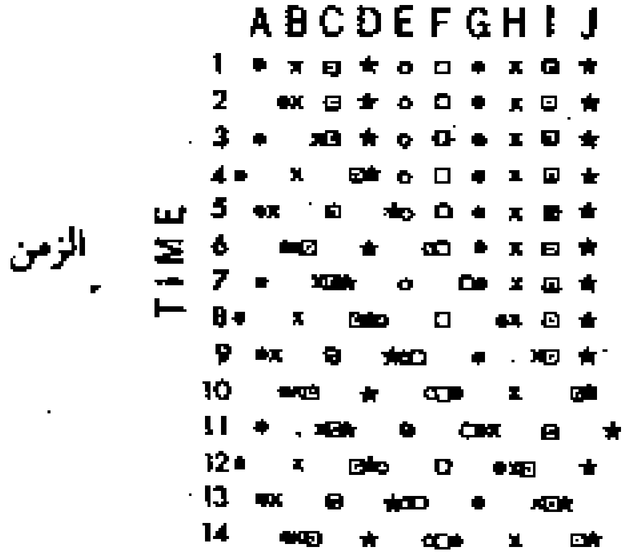
الشكل 3.7: أشكال موجات لتردد أعلى من ذلك في الشكل 3.6 . تختلف (a) عن (b) في السعة ولكن يتساويان في التردد.

تمثل هذه الحركات إلى الأمام والخلف فوق نقطة الاستقرار نسخاً مكبّرة عن حركة جزيء مستقل بذاته عندما ترن نغمة بسيطة واحدة. فلو رنت شوكة مرنانة مصممة على أن ترن بتردد يساوي 440 دورة في الثانية في منتصف غرفة، سيتحرك كل جزيء هوائي، في الغرفة عندئذٍ، من مكانه. في البداية، سيتحرك بعيداً عن الشوكة المرنانة (بسبب القوة الفاعلة فيه من الجزيء المجاور) وبعد ذلك، سيعود إلى نقطة الاستقرار (بسبب المرونة) وبعد ذلك باتجاه الشوكة المرنانة (بسبب العطالة)، وبعدها باتجاه نقطة الاستقرار (بسبب المرونة) وهلم جرا ما دام الاهتزاز مستمراً. وسيُتم كل جزيء هوائي 440 دورة من هذه الدورات في كل ثانية.

حركة موجة الضغط في الصوت Pressure Wave Movement in Sound

لم نزل في بحث تحليل حركة الجزئيات المنفردة من خلال مسبب في النغمة البسيطة. فلو تحرك كل جزيء في مكانه، فكيف سيتحرك الخلخل من موقع إلى آخر. تبدأ الجزئيات المحيطة بالمذبذب التحرك قبل الجزئيات البعيدة عن مصدر الصوت. تقوم الجزئيات الهوائية المتذبذبة في الحركة التناغمية البسيطة بخلخلة الجزئيات المجاورة، وبذلك يتم نقل التخلخل عن مصدر الصوت وبثه. تأخذ هذه الخلخلة شكل موجة ضغط تنتشر باتجاه الخارج تماماً كما تنتشر المويجات المائية الصغيرة من نقطة في مياه راكدة بعد أن ترمي فيها حصاة. وبما أن النغمة البسيطة حركة دورية، فإن موجة الضغط تتكرر وتُتبع بموجات ضغط متساوية البعد فيما بينها.

يمثل الشكل 3.8 رسماً توضيحياً لعشرة من جزئيات هوائية منفردة.

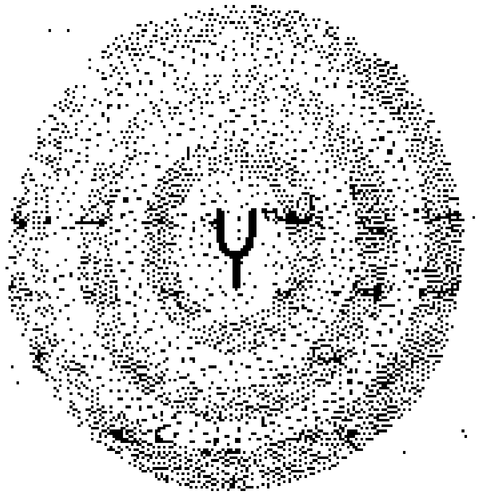


الشكل 3.8: مخطط بياني لعشرة جسيمات هوائية في حركة تناغمية بسيطة في 14 نقطة على محور الزمن. مصدر الصوت هو الطرف اليساري. تتحرك الموجات الضغطية باتجاه اليمين. ومحور الوقت من الأعلى إلى الأسفل. لاحظ، رغم أنه أشير إلى الموجة الضغطية من خلال تجمع ثلاثة جسيمات متقاربة تتحرك من اليسار إلى اليمين، أن كل جزيء بمفرده يتحرك نسبياً في حركة تناغمية بسيطة محدودة.

يشير الزمن (1) إلى حال الجزئيات في حالة الاستقرار قبل أن يبدأ مذبذب الحركة التناغمية البسيطة بالحركة. لاحظ أن المسافة بين الجزئيات متساوية تماماً في هذه المرحلة. أما في الزمن (2)، فنجد أن الحركة الخارجية لإحدى شعبتي الشوكة المرنانة قد أجبرت الجزيء A على التحرك بعيداً عنها، ومن ثم الاقتراب من الجزيء B. أما في الزمن (3) فنجد أن الجزيء (A) قد عاد إلى موقعه في حالة الاستقرار بسبب كون الهواء وسيلة مرنة. لكننا نجد الجزيء B قد تحرك (أثناء الزمن 2) بتأثير صدمة الجزيء A. لاحظ أنه بمرور الزمن، نجد أن مساحات من الانضغاط، تكون فيها الجزئيات قريبة من بعضها، تتبادل دورياً مع مساحات من الخلخلة، تكون فيها الجزئيات أكثر تباعداً، فعلى سبيل المثال: نجد في الزمن (7) مساحة من الانضغاط العالي مشكلة من D,C,B محاطة بمساحات من الضغط المنخفض نسبياً. وبوصولنا للزمن (10) نجد أن الموجة الانضغاطية الأولى قد ابتعدت عن مصدر الصوت وتتألف الآن من الجزئيات G,F,E. وفي الوقت نفسه نجد موجة انضغاط أخرى تصدر من المذبذب مؤلفة من الجزئيات C,B,A.

إنه من المفيد والمساعد أن نتخيل موجات انضغاطية تتحرك عبر وسيلة من خلال تجربة بسيطة نستخدم فيها سلكاً ملفوفاً. وهناك لعبة في الأسواق الآن اسمها Slinky تفي بالغرض على نحو مناسب. أنشر السلك الملفوف على طاولة بين يديك، ثبِّت أحد الأطراف بثبات، وحرك الطرف الثاني إلى الأمام والخلف في حركة تناغمية بسيطة حتى يمكنك ملاحظة تدفق الموجات من خلال الملفّ. لاحظ أن الموجات تنتشر باتجاه حركة اليد نفسها. يسمى هذا الأنموذج من الموجات، الذي تكون فيه حركة الجزيئات بنفس اتجاه حركة الموجة نفسه بـ «الموجة الطّولية». والموجات الصوتية هي موجات طوّلية في الهواء أو السائل. بينما تسمى الموجات الناتجة عن رمي حصاة أو غمس إصبع في الماء بـ «الموجات العرضية»، لأنه على رغم ابتعاد الموجة عن مصدر الخلخلة، لكن الجزئيات المائية تتحرك بزوايا قائمة إلى الأعلى والأسفل بالنسبة إلى الموجة.

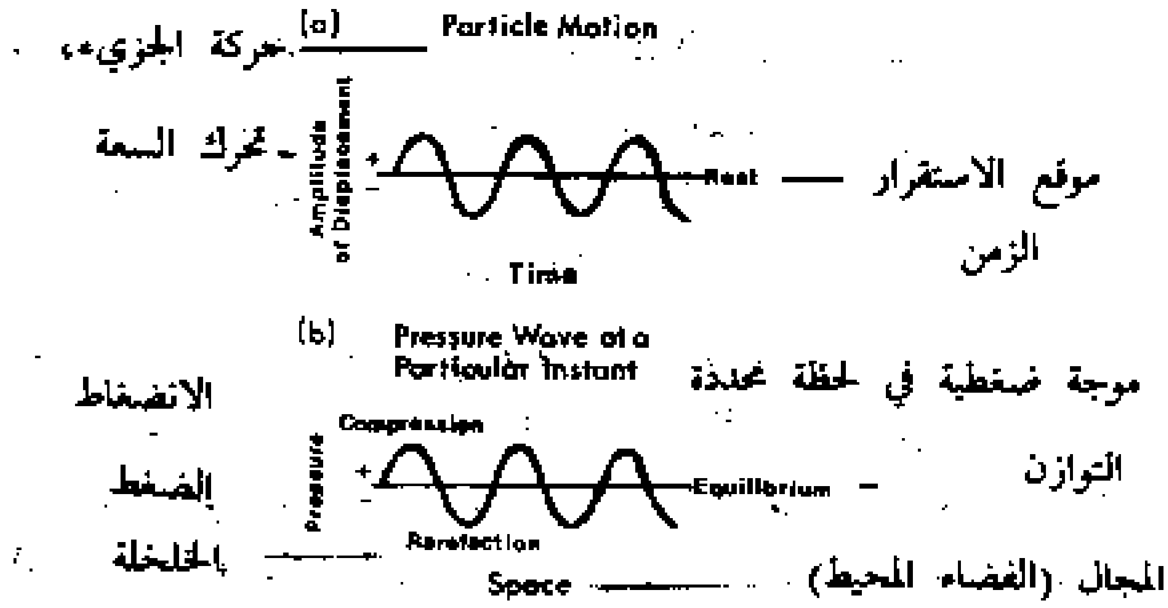
فلو صبغت كافة الجزئيات الهوائية في غرفة باللون الأخضر، فسنجد عندئذٍ، أنّ الشوكة المرنانة في منتصف الغرفة ستُحاط بدائرة من اللون الأخضر الغامق نسبياً (مساحة من انضغاط الجزئيات الهوائية) تتحرك بعيداً عن المذبذب، فعلى الرغم من تحرك كل جزيء إلى الأمام والخلف في مكانه لكنّ الاضطراب سيتحرك خلال الغرفة. وتُتبع كل مساحة انضغاط في الجزئيات بمساحة من اللون الأخضر الكاشف (مساحة خلخلة تتبع هي نفسُها بمساحة أخرى عن الانضغاط (أنظر الشكل 3.9) وتنتشر موجات الانضغاط من المذبذب في كافة الاتجاهات.



الشكل 3.9: موجة ضغطية تنبثق عن مصدر صوتي (يجب أن تحتضن المساحات الانضغاطية المذبذب في شكل كروي. لم يشر إلى هذا التمثيل في هذا الشكل الثنائي الأبعاد فحسب).

يمكن رسم الموجات الانضغاطية على صورة موجة جيبية بالطريقة نفسها التي مثلنا فيها حركة الجزيء المنفرد. يظهر الشكل (3.10) هذه العلاقة.

تشكل أشكال الموجات تمثيلاً شائعاً للرموز والإشارات الصوتية. فالموجة الصوتية هي السعة منتشرة على محور الزمن. من ثمّ تمثل حركة الجزيء كما في الشكل (3.10.a)، لكننا نفهمها أيضاً بوصفها تمثّل الاختلاف والتغيرات في الضغط في الوسط الناقل على نحو تام كما في الشكل (3.10.b).



الشكل 3.10: (a) شكل موجة لنغمة بسيطة.
(b) صورة للاختلافات الضغطية في الفضاء المحيط.
تناظر أشكال الموجات.

تمثّل مرسمة أشعة الكاثود وسيلة يمكنها إظهار أي صوت في شكل موجة. تذكّر أن حركة أي جزيء مستقلةً، إن كانت مرئية، لن تبدو كشكل تلك الموجة، لكنّ شكل الموجة عبارة عن تمثيل مجرد للحركات التي يقوم بها الجزيء من موقعه في حالة الاستقرار خلال فترة زمنية محددة، وتشير سعة الحركة إلى شدة أو قوة الصوت، ومن خلال العلوم المتعارف عليها، يشير الإحداثي الرأسي، في أغلب الأحيان، إلى وحدات الشدة، بينما يُمثل الزمن على طول المحور الأفقي وفقاً للعلوم المتعارف عليها أيضاً.

المكونات الأساسية للصوت Essential Constituents of Sound

هل هذه الموجات الانضغاطية الدورية صوتٌ؟، إنّه سؤال مضبوط «الشجرة المسنة» القديم في الغابة. فلو سقطت شجرة في غابة ولم يوجد هناك من يسمعها البتة، فهل هناك صوتٌ؟ إننا نعرف أنه لا بدّ من وجود شروط أساسية قبلية للحصول على الصوت: شيء يتحرك ووسط (الهواء في مثالنا) يتحرك الاضطراب من خلاله. ولكي نتم تعريف الصوت، يجب أن يكون الاضطراب مسموعاً، ويجب أن يكون قادراً على إصدار ذبذبات مناظرة في أذن مستقبله. لكن آذان الحيوان المختلفة مولفةٌ لسماع أصوات مختلفة. فالخفافيش تسمع أصواتاً ذات ترددات عالية جداً لا يمكن للأذن البشرية سماعها. وعلى الرغم من أن بعض المعاجم تحدد تعريف الصوت بالذبذبات التي تسمعها الأذن البشرية، لكن ذلك يبدو تقييداً غير ضروري. وفوق هذا وذاك، هناك بعض الذبذبات التي لا يمكن سماعها من جانب أي مخلوق على الأرض إما لارتفاع ترددها أو لانخفاضه على نحو مطلق أو لانخفاض شدتها انخفاضاً كبيراً. هل يمكن تسمية الاضطرابات الناتجة عن هذه الذبذبات بالصوت. تبدو هذه وجهة نظر متطرفة أيضاً.

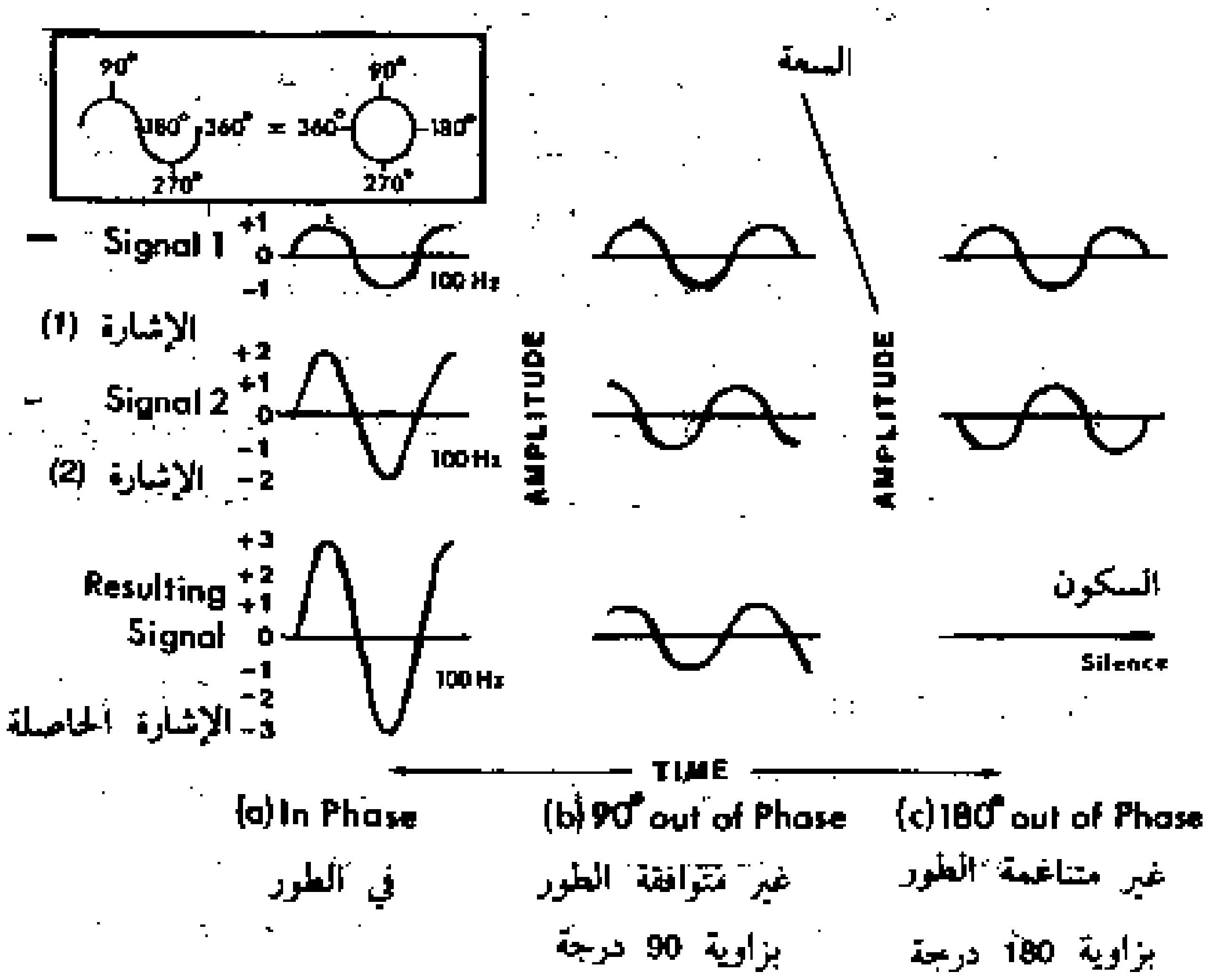
دعنا نعرّف الصوت اعتباطياً بأنه اضطرابٌ مسموع في وسط يسببه مصدر ما. ويمكن للمصدر أن يكون وتر قيثارة استمدّ قوته من لمسة إصبع بشرية أو من الحبال الصوتية المتحركة عند الانسان بوساطة الهواء المدفوع من الرئتين. ويمكن أن يكون الوسط غازاً أو سائلاً أو مادة قاسية نسبياً. ويمكن لأية وسيلة مطاطية أو مرنة أن تنقل الإشارة السمعية. يجب أن يكون الاضطراب قوياً بحيث يسبب تذبذبات مماثلة في جهاز استقبال. يمكن لجهاز الاستقبال أن يكون الجهاز السمعي لأي مخلوق يشكل الرمز الصوتي فيه رمزاً مسموعاً. ووفقاً لتعريفنا يمكن أن يسمّى سقوط الشجرة الذي سبب اضطراباً مسموعاً، حتى إن لم يسمع، صوتاً.

أنماط التداخل Interference

من المدهش أنه يمكن ملء الهواء بالعديد من الأصوات التي يمكن بثها في وقت واحد جميعاً. وبما أن جزئيات الهواء تهتز في مكانها، فهي من ثمّ قادرة على الاستجابة للعديد من الإشارات في الوقت نفسه، لكنه يمكن للأصوات ذات التردد الواحد أن تتداخل فيما بينها على أية حال. يمكن لهذه الظاهرة (التداخل) أن تحدث عندما يولَّد التردد من مصدرين، أو، كما يحدث في أغلب الأحيان، عند ارتطام الإشارات الصوتية بعائق كحائط، مثلاً، وتتسابق فيما بينها في هذه الحال.

يمكن لشكلي الموجتين في إشارتين تمتلكان تردداً مشتركاً أن يجمعا على نحو مباشر. ويعتمد شكل الموجة الحاصلة على علاقة الطور بين الإشارتين. ولكي نفهم علائق الأطوار، من المفيد أن نفهم دورة من الذبذبة بوصفها دائرة كاملة. تمتلك كل دائرة مجموعاً نهائياً قدره 360 درجة. وبذلك تكون نصف الدائرة 180 درجة، وربع الدائرة 90 درجة، في حين يساوي ¾ الدائرة 270 درجة. يمكن النظر إلى الموجة الجيبية على أنها دائرة مفتولة ومفتوحة في المنتصف كي نستطيع تمثيل محور الزمن كما في الشكل (3.11).

فلو كانت هناك إشارتان لهما التردد نفسه وفي الطور نفسه (وفي السعة نفسها)، ستتكرر، عندئذٍ ذرى موجاتها الضغطية وبطونها في الوقت نفسها وستساوي سعة شكل الموجة الحاصلة الضعف. يوضح الشكل (3.11) إشارات نغمات بسيطة بالطور نفسه؛ غير متناغمة الطور بزاوية قدرها 90 درجة، ومتضادة الطور (غير متناغمة الطور بزاوية قدرها 180 درجة). فعندما تكون الإشارات غير متناغمة الطور بزاوية قدرها 90 درجة تسبق أحداهما الإشارة الأخرى بربع دورة. وعند أية لحظة ستكون سعة الموجتين ببساطة حاصلَ جمعهما. وعندما تكون هناك إشارتان سمعيتان لهما الدرجة نفسها من الذبذبة ومتضادتان الطور (غير متناغمة الطور بزاوية قدرها 180 درجة) ستكون النتيجة هي السكون، لأن كل جزيء سيتلقى قوتين متساويتين وباتجاهين متعاكسين (متضادين في الاتجاه). ولذلك سيبقى كل جزيء في حالة السكون.



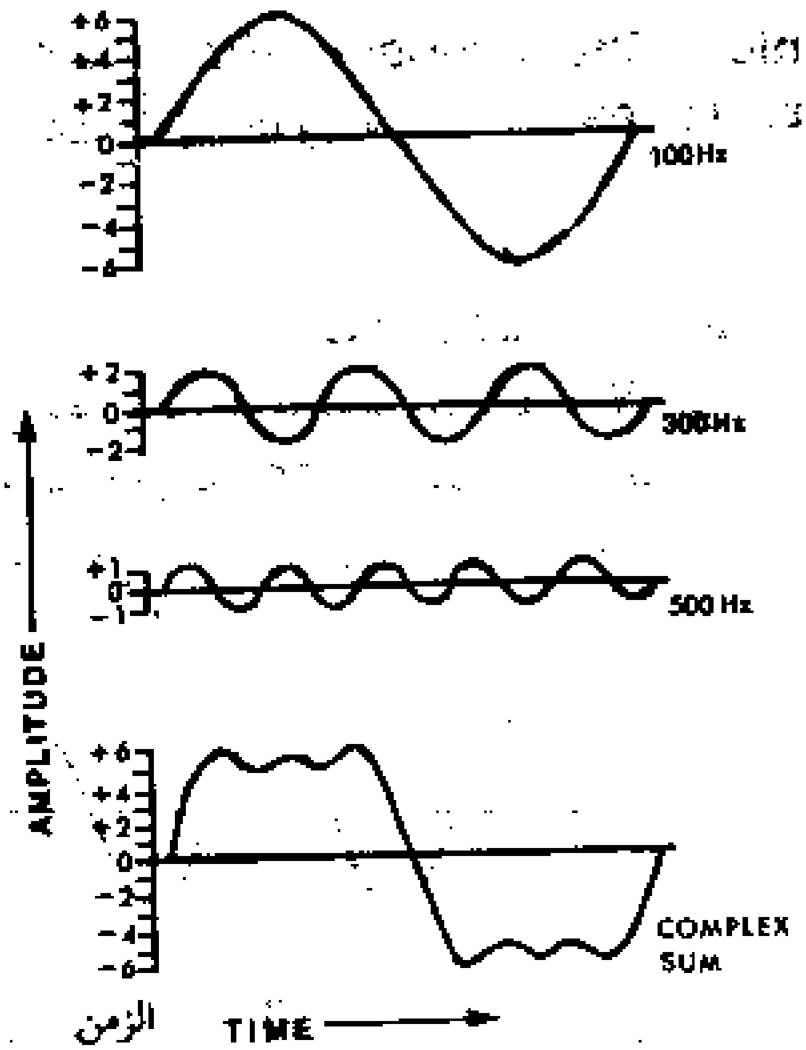
الشكل 3.11: نتيجة الجمع بين نغمتين بسيطتين (الإشارة 1 والإشارة 2) تختلفان في الطور والسعة وتتساويان في التردد نفسه. وفي كافة الأحوال، ستكون الإشارة الحاصلة نغمة بسيطة لها التردد نفسه، ولكن سيتغير الطور والسعة. إن الجمع بين نغمتين بسيطتين بنفس التردد والسعة ولكن متضادتا الطور ينتج عنه السكون كما هو موضح في العمود (2).

وتكون مشكلة تداخل الأنماط الموجية حادة خاصة في تصميم قاعات الأوبرا التي يتطلب تصميمها مهندسين مهرة في الخاصيات السمعية في الهندسة المعمارية. وإن لم يوضع في الحسبان كلّ الاعتبارات المتعلقة بالخاصيات السمعية في تصميم قاعات الأوبرا، فإن الأصوات التي ستعزف داخلها ستنعكس من الجدران القاسية على نحو ترجِّع فيه الصدى، ويعني هذا أن الصوت سيمطّ أثناء ذهابه وارتداده، وسيمنع ذلك

المستمعين من سماع الصوت اللاحق على شكل مناسب. وستكون الأصوات صاخبة في بعض الأماكن وخافتة في أماكن أخرى بسبب تداخل أنماط الموجات أيضاً. ويساعد في حل المشكلة وجودُ حشدٍ كبيرٍ من المستمعين يرتدون ألبسة ماصة للصوت، كما يساعد في ذلك المواد الماصة المستخدمة في زخرفة الجدران والسقف. ومن وجهة أخرى، فإن وجود موادّ خافضة للصوت كثيراً سيجعل قوة الصوت خاملة. إن تحقيق التوازن الصحيح شيء صعب المنال. ومع ذلك لا يود أحدٌ منا أن يكون سيّيء الحظ ويجلس في نقطة ميتة سمعياً في مدرج كبير حيث الأنماط الموجية بسبب ارتداد الصوت من جهة وامتصاصه من جهة أخرى، بحيث يؤدي إلى إلغائه ولو جزئياً.

النغمات المركبة Complex Tones

تُصدر معظمُ مولّدات الأصوات، على خلاف الشوكة المرنانة، ذبذبات مركبة. وبدلاً من أن تتذبذب الأصوات في حركة تناغمية بسيطة تتحرك على نحو مركب مؤلفة من أكثر من تردد واحداً. وعندما ترسم هذه الحركات، نجد شكل موجة أكثر تعقيداً يأخذ مكان موجة النغمة البسيطة. ولكي تفهم اشتقاق النغمة المركبة أو تركيبها ما عليك إلا أن تضيف موجتين جيبيتين بترددات مختلفة أحداهما إلى الأخرى. إنه من الضروري أن تتذكر أنه يمكن الجمع بين العديد من الأصوات التي تتمتع بالتردد نفسه وبالطور نفسه كما في الشكل (3.11) لكنّ النتيجة ستكون دائماً موجة جيبية أي: تمثيل لنغمة بسيطة. لكنه إن جمعت نغمتان بسيطتان أو أكثر، وبترددات مختلفة، فستكون النتيجة نغمة مركبة. يظهر الشكل (3.12) مثالاً في جمع النغمات البسيطة لتشكيل نغمة مركبة.



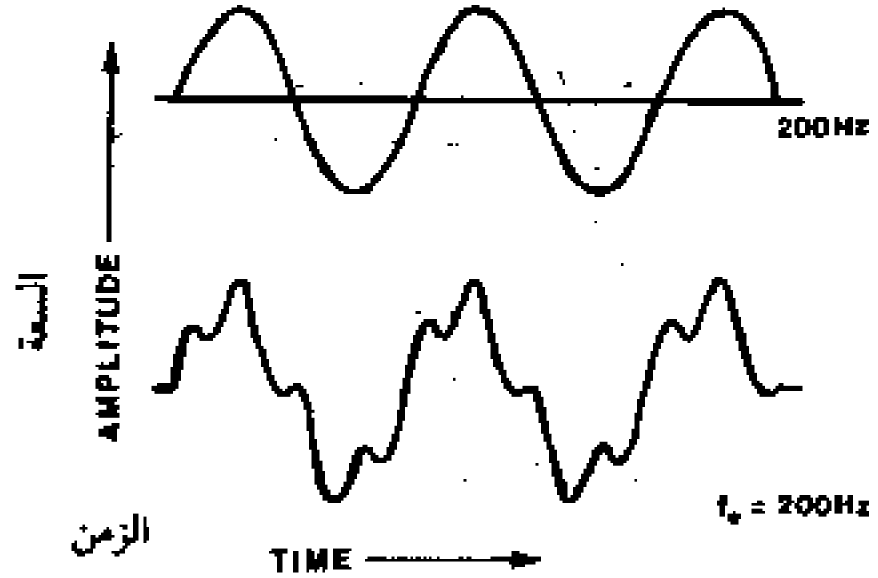
الشكل 3.12: شكل موجة لنغمة مركبة مشتقة من ثلاث نغمات بسيطة مختلفة الترددات.

هناك نوعان من الأصوات المركبة، في الأول: تكرر أنماط التذبذب نفسها بغض النظر عن درجة تركيبها وتسمى «دورية»، بينما يكون التذبذب في النوع الثاني اعتباطياً، ولا يمتلك نمطاً متكرراً ويسمّى «لا دورياً».

اعزفْ نغمة موسيقية على البيانو أو غنِّ (آه)، فستشكل الأصوات الناتجة موجات مركبة ولكنها دورية. ارم كتاباً على الأرض، أو حاول أن تصفّر من خلال أسنانك، فستكون الأصوات الناتجة موجات مركبة (أكثر من تردد واحد) ولكنها لا دورية في أشكال موجاتها.

Harmonics: Characteristic of periodic com-Complex Tones: التوافقيات: سمة النغمات المركبة الدورية:

تصدر الذبذبات المركبة الدورية إشارات تكون فيها ترددات المكونات مضاعفات صحيحة لأدنى تردد في النمط المتكرر أو ما يسمى بـ «التردد الأساسي». يمثل الشكل (3.13) شكل موجة لموجة صوتية دورية مركبة مشابه للموجة التي تصدر عندما تقول امرأة (آه)، تظهر وهي مشابهة لشكل نغمة بسيطة ذات تردد قدره ٢٠٠ دورة في الثانية.



الشكل 3.13: شكلا موجتين: الأولى نغمة بسيطة، والثانية مركبة. كل منهما ذات تردد قدره 200 دورة في الثانية.

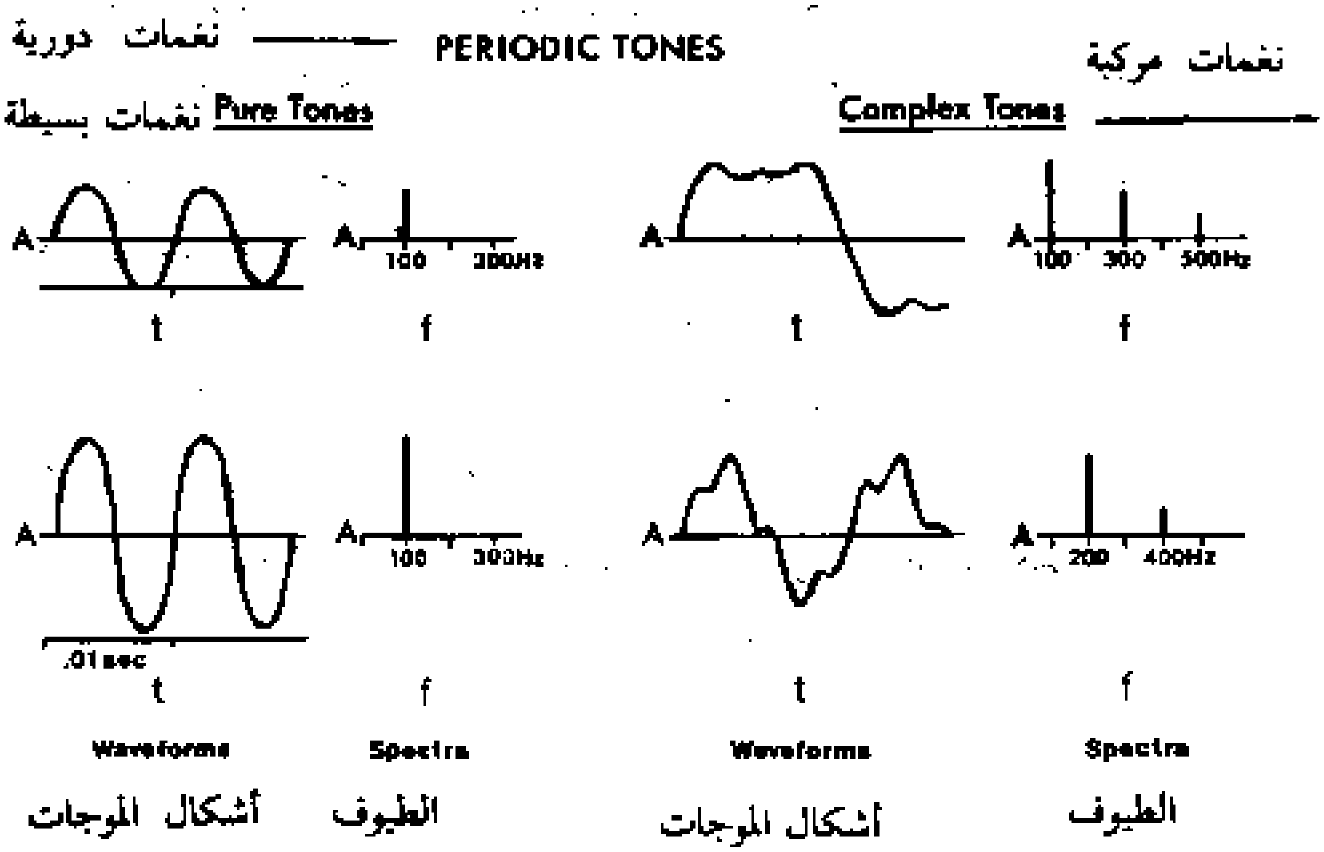
من الواضح أن النمطين يكرران نفسيهما بالتردد نفسه. يسمى هذا التوافقي الأول بـ «التردد الأساسي» (يختصر بـ F_0). وتكون الترددات الأعلى مضاعفات صحيحة لتردد F_0. وفي مثالنا، سيكون تردد التوافقي الثاني 200 × 2 أو 400 دورة في الثانية، وسيبلغ التوافقي الثالث تردداً مساوياً لـ 200 × 3 أو 600 دورة في الثانية وهكذا

دواليك. يسمى f_0 في الفيزياء بـ «التوافقي الأول»، بينما يسمى التوافقي الأول في الموسيقا «المضاعف الأول» للتردد الأساسي (أي: 2 × 200) وذلك تقليد سبب بعض الإرباكات والتشوش.

يعرض شكل الموجة معلومات عن السعة والزمن. وعلى الجملة، ليس من السهل تقدير سعة التوافقيات المنفردة من شكل الموجة المركبة. يمكن الحصول على معلومات حول التردد من خلال إحصاء عدد المرات التي يكرر النمط فيها نفسه في كل ثانية. وهذه العملية سهلة في النغمة البسيطة فحسب ، لكنها صعبة في النغمة المركبة؛ لأنه لا يمكن عد سوى F_0 بسهولة.

وهناك أنموذج آخر لعرض الأنغام المتذبذبة يسمى بـ «الخط الطيفي» أو «الطيف السموي» يمثل فيه الإحداثي الرأسي سعة الإشارة. كما أشرنا مقدماً، بينما يمثل الإحداثي السيني التردد. حيث يمكن إرجاع أية إشارة دورية مركبة أو تحليلها رياضياً إلى مكوناتها الترددية، وهذا اكتشاف اكتشفه ج.ب فوريير «J.B. Fourier» في فرنسا في الربع الأول من القرن التاسع عشر.

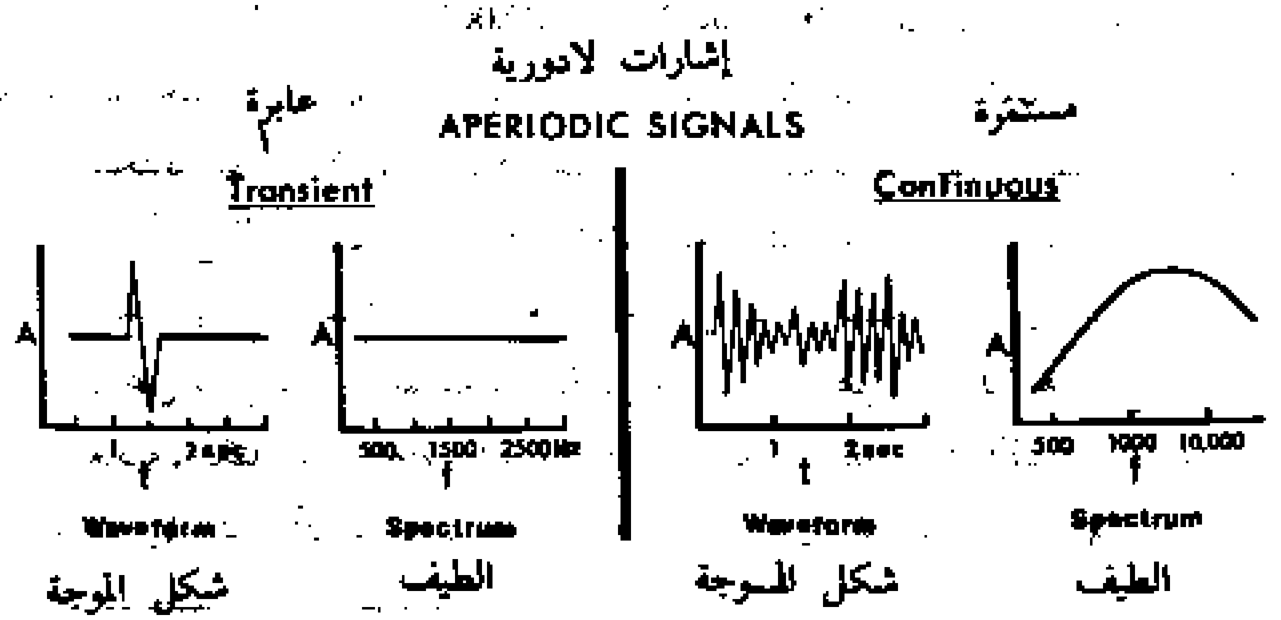
لعل مراجعة عامة لأشكال الموجات التي استعرضت قبلاً، لكنها الآن مصحوبة بأطيافها المناظرة كما في الشكل (3.14)، تفي بغرض التمييز بين نوعي عرض الأنغام المتذبذبة.



الشكل 3.14: أشكال موجات وطيوفها المناظرة. تمثل الاشارتان في الجهة اليسرى ذبذبات بتردد واحد (نغمات بسيطة)، بينما تمثل الإشاراتان في الجهة اليمنى ذبذبات مركبة مختلفة، حللت بوصفها ترددا أساسيا وتوافقيات أعلى.

الإشارات المركبة اللادورية A Periodic Complex Signals

تمثل أصوات سقوط كتاب أو صفير خارج من بين الأسنان إشارات مركبة، لأنها تتألف من أكثر من تردد واحد، لكنّ الترددات هنا لا ترتبط توافقياً كما هي في الأصوات الدورية. وفي كلتا الحالتين، يوضع الهواء في إثارة إعتباطية وبذبذبات مضاعفة في النتيجة. وأشكال الموجات لا دورية لأنه لا يوجد تكرار لنمط متحرك. فسقوط الكتاب يصدر صوتاً مؤقتاً يتمثل بنفثة من الضوضاء تبقى لفترة وجيزة، بينما يكون الصفير مستمراً، ويبقى طالما أن الهواء يخرج بعنف من خلال فتحة ضيقة. يمكن رسم الطيوف السمعية للإشارات اللادورية والدورية على حد سواء، يري الشكل (3.15) أشكال موجات وطيوفها السمعية لإشارات أصوات لادورية أنموذجية.



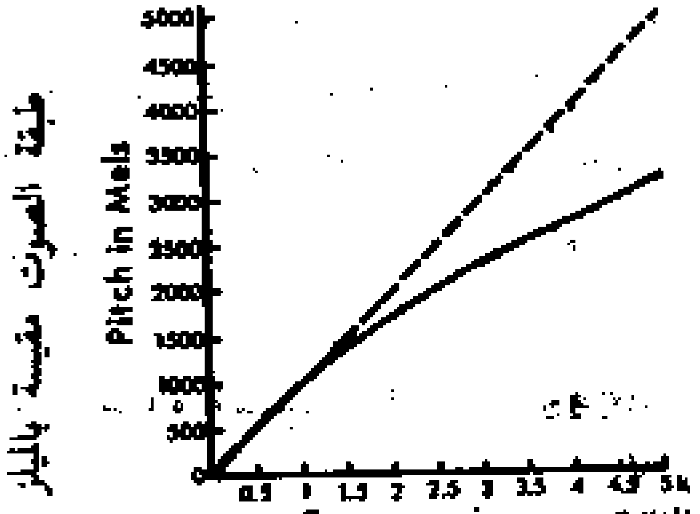
الشكل 3.15: إشارات صخب. تمثل الصور في الجهة اليسرى شكل موجة والطيف المناظر لصوت يشبه صوت سقوط كتاب. وبما أن الترددات متعددة وعشوائية، فقد تمت الإشارة إلى سعة متوسطة دون الإشارة إلى سعة الترددات منفردة. بينما تمثل الرسوم في الجهة اليمنى شكل موجة والطيف السمعي المناظر لصوت صفيري. كما تمت الإشارة إلى منحنى السعة بوصفه دالة للتردد.

الترددُ وطبقة الصوت Frequency and pitch

لقد عرفنا التردد بأنه عدد الدورات المتذبذبة في الثانية. وتعني الرموز الآتية: (100 cp)، (~ 100) و (100 Hz) الشيء نفسه أي: 100 دورة في الثانية. لكن وحدة الهيرتز هي المفضلة، يختلف الناس في طبقة التردد التي يمكن لآذانهم سماعها. ولكن على الجملة يمكن لأذن الانسان الشاب المعافى أن تلتقط طبقة من الذبذبات تبدأ بـ (20) هرتز وتنتهي بـ (20,000) هرتز، تسمى الذبذبات ذات الترددات العالية جداً بـ «فوق السمعية»، وتسمى الترددات المنخفضة جداً التي لا يمكن سماعها بـ «ترددات دون السمعية». وربما لا يمكن أن نسمع الترددات المنخفضة جداً على شكل صوت، لكنه يمكننا تحسسها غالباً. وتقع الترددات الهامة في الإشارة الصوتية في الطبقة الواقعة بين 100 و 5000 هرتز. وإذا ما قارنا طبقة الصوت هذه بطبقة الصوت التي تصدرها الخفافيش، التي تتراوح ما بين 20,000 و 100,000، فإن الصوت يستخدم لأغراض متعددة، يستخدم الإنسان الصوت لنقل الأفكار والمشاعر، بينما تستخدم الخفافيش الصوت لتحديد موقع الحشرات لافتراسها. وسواءً أستُخدم إصدار الصوت لتحديد الموقع أو من أجل التخاطب، فمن المهم للاستجابة الترددية في الجهاز السمعي، في أية حال، أن تتساوى مع السمات الترددية للآلية التي تصدر الصوت. تهتز الحبال الصوتية الإنسانية، على نحو عادي، بطبقة ترددية تتراوح بين 80 هرتز و 500 هرتز في حالات التكلم العادية، لكنه يمكن لبعض الضوضاء الكلامية التي تصدر في الفم أن تحتوي على ترددات تمتد إلى عدة آلاف من الدورات في الثانية. وعندئذٍ نجد أن الجهاز السمعي الإنساني يستجيب لهذه الترددات من الذبذبات.

يتعلق التردد مباشرة بطبقة الصوت، وعندما يتناقص التردد نحسّ بانخفاض في طبقة الصوت. لكنَّ العلاقة لا تتسم بالخطية؛ ففاصل ثابت من ارتفاع في التردد لا ينتج عنه تغيرٌ ثابت في طبقة الصوت. التردد حقيقة في الفيزياء، وهو حدث يمكن قياسه بوسائل محدّدة، ويساوي عدد الدورات في وقت محدد. وعلى نحو مماثل فإن طبقة الصوت ظاهرة نفسية. وهي الطريقة التي يفهم فيها المستمع تغيرات التردد. ويمكن قياسها من خلال التوجه بالسؤال إلى المستمعين كي يدلوا بإحكامهم فحسب.

والجهاز السمعي الإنساني أكثر استجابة لبعض التغيرات الترددية من غيرها. ففي الترددات الدنيا (أقل من 100 هرتز) تكون طبقة الصوت المحسوسة خطية العلاقة مع التردد. ولكن عندما يرتفع التردد، فإننا نحتاج إلى تغير أكبر في التردد حتى نحصل على تغير فعّال في الإحساس بطبقة الصوت. يوضح الشكل (3.16) العلاقة بين الصفة الفيزيائية للتردد والإحساس النفسي بطبقة الصوت.



الشكل 3.16: إعادة تثبيت مقياس ميل عند ستيفنز (Stevens) وفولكمان (Volkman). يشير الخط الصلب إلى الطريقة التي تزداد فيها طبقة الصوت (ميلز) مع ازدياد التردد (عدد الدورات في الثانية). يشير الخط المتقطع إلى العلاقة إن كانت تامة.

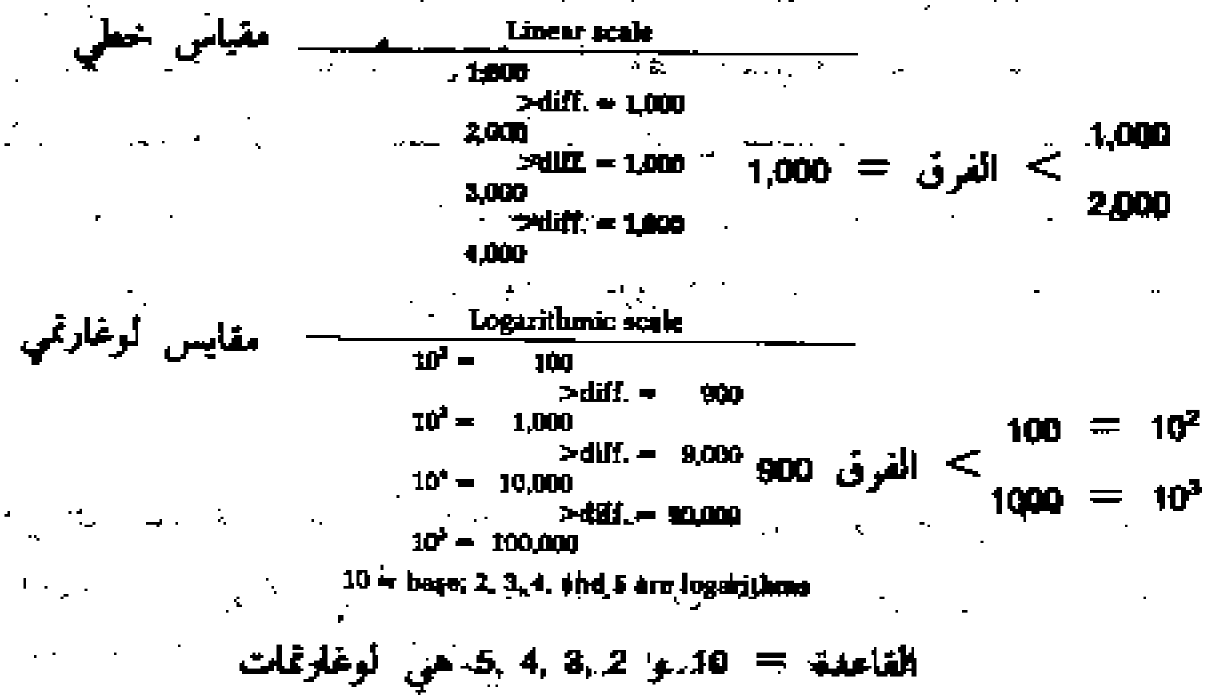
إنّ وحدات التردد هي الدورات في الثانية؛ بينما تسمى وحدات قياس طبقة الصوت بـ (الملز). ومن خلال اختبار مستمعين على ترددات متنوعة، تم استخدام طبقة صوت لنغمة ذات تردد قدره 1000 هرتز بوصفها نقطة مرجعية، وسميت، اعتباطياً، بـ 1000 ملز. وتساوي طبقة صوتية قدرها 500 ملز نصف الطبقة الصوتية لنغمة أخرى طبقتها الصوتية 1000 ملز، بغض النظر عن التردد، بينما تساوي طبقة صوتية قدرها 2000 ملز ضعف طبقة صوتية قدرها 1000ملز. وما منحى المل الممثل بالخط الصلب في الشكل (3.16) إلا نتيجة لهذا الإجراء القياسي.

يمكن ملاحظة أنّ التردد يشير إلى عدد الدورات في الثانية، بينما يُحتفظ بطبقة

الصوت للدلالة على الإحساس بالتردد. وقد ثبت مقياس المل من خلال اختبار مستمعين والطلب منهم الإدلاء بأحكامهم بشأن طبقة الصوت لنغمات بسيطة. ولكن ماذا عن طبقة الصوت في النغمات المركبة؟ كيف يمكن للمستمعين أن يدلوا بأحكامهم على طبقة صوت تحتوي على أكثر من تردد واحد؟ لقد وجد أن طبقة الصوت في النغمة الدورية المركبة التي أدلى بها المستمعون تتوافق مع التردد الأساسي في سلسلة التوافقيات. ومما يثير الدهشة، أن الجهاز السمعي يعوض عن ضياع التوافقيات المنخفضة أو خسارتها ويسمع F_0 حتى إن كان هذا الأخير غائباً. فعلى سبيل المثال، حُكم على طبقة صوتية في نغمة مركبة دورية مؤلفة من الترددات 600، 900 و 1200 هرتز بأنها تساوي 300 هرتز، لأن ذلك يشكل القاسم الأكبر. تتأثر الأحكام، على الجملة، في الأصوات اللادورية، بمركز النطاق الترددي، أو بالتردد الذي يمتلك أعلى سعة.

الديسبل: مقياس الشدة النسبية. The Decible: A measure of Relative Intensity

لقد أشرنا قبل إلى أنّ سعة الذبذبة ـ مدى تحرك الجسم ـ هي دلالة على شدة الصوت أو قوته. ولكي نصف الشدة النسبية لصوتين، تستخدم وحدة قياس تسمى بـ «الديسبل»، وتعني حرفياً 10/1 من بيل، وذلك تشريف لـ الكسندر جراهام بيل (1847 - 1922) المخترع الأمريكي للهاتف ومعلّم الصم. إن مقياس الديسبل المستخدم في قياس الشدة هو مثالٌ للمقياس اللوغارتمي. ففي المقاييس الخطي، كما في المسطرة، هناك الصفر، وكل زيادة تساوي التي تليها. وبذلك يمكن جمع هذه الوحدات بإضافة إحداها إلى الأخرى، بينما يعتمد المقياس اللوغارتمي، كما يمكنك ملاحظته في الجدول الآتي، على أس لعدد معطى أو عدد يسمى «القاعدة». ففي الدليل تساوي القاعدة 10، ويتألف المقياس من زيادات ليست متساوية بل تمثل اختلافات كبيرة على نحو متزايد.



لماذا استخدام المقياس اللوغارتمي في قياس الشدة الصوتية. هناك سببان لهذا النظام الأول: هو أن الأذن البشرية حساسة لطبقة كبيرة من الشدة تصل إلى 10^{13} (10,000,000,000,000 أو عشرة ترليون) من وحدات قياس الشدة في المقياس الخطي. ويشكل هذا رقماً كبيراً في الحسابات؛ لكنه يمكن اختزال هذا الرقم الكبير في مقياس لوغارتمي مكثف إلى 130 ديسيبل فحسب.

أما الثاني فهو أنّ المقياس اللوغارتمي يشبه إلى حدٍ كبير الطريقة التي تقدِّر فيها الأذن البشرية ارتفاع الصوت. إنه من المعروف منذ كتابات العلماء الألمان، أرنيست ويبر (Ernest Webber) (1834)؛ وغوستاف فيشنر (Gustav Fechner) (1860) في القرن التاسع عشر، أنه يمكن الحصول على زيادات متساوية في الإحساس (في هذه الحالة ارتفاع الصوت) بضرب المؤثر بعامل ثابت. ولا ينطبق هذا المبدأ على كامل الشدة الصوتية التي تتحسسها الأذن البشرية. لكنه مقياس دقيق إلى درجة يمكن فيها اعتماده عملياً. وهكذا، تقابل كل خطوة في مقياس الديسبل زيادة متساوية في ارتفاع الصوت تقريباً حتى ولو كانت اختلافات قوة الصوت كبيرة.

تتناسب قوة الصوت مع مربع الضغط، أو إن وصفنا النقطة عكسياً قلنا: يتناسب الضغط مع الجذر التربيعي للقوة الصوتية. وعلى غرار ما نستخدم الإنش أو السنتيمتر

وحدة قياس في قياس الطول، تكون وحدة القياس المستخدمة في السمعيات هي «الواط» في قياس القوة، و «الداين» في قياس الضغط. ويشير مستوى الشدة في الفيزياء إلى قوة الإشارة مقيسة بالواط في السنتمتر المربع، أما في سمعيات الكلام والسمع فقد جرت العادة على استخدام مستوى الضغط الصوتي على أنه القياس، ووحدة قياس الضغط هي الداين في السنتيمتر المربع. ويمكن تحويل وحدات القوة أو وحدات الضغط إلى الديسبل.

يمكن أن تكون قد سمعت أن طائرة ما تقلع بمستوى صوتي يساوي 100 ديسبل (مستوى الضغط الصوتي). أو أن متوسط الشدة في المحادثة هو حوالي 60 ديسبل (مستوى الشدة). لقد استخدم القياس الأول الضغط بوصفه الوحدة المرجعية في القياس أي: يساوي الضغط الصوتي لضوضاء الطائرة 10^5 أكبر من أدنى الأصوات سماعاً (النسبة 100,000 إلى 1). وحتى لو قيست هذه الشدة باستخدام الوحدة المرجعية في قياس القوة فستبقى الشدة مساوية إلى 100 ديسبل، ولكن ستختلف نسبة الشدة هنا بحيث ستصبح 10^{10} أي (10,000,000,000 إلى 1) لأن زيادات القوة تساوي مربع زيادة الضغط. واستخدم القياس الثاني، الشدة الصوتية، وحدة قياس القوة. تؤكد هذه العلاقة بين الضغط والقوة ضرورة استخدام صيغ منفصلة في حساب الديسبل. الأولى عندما نستخدم وحدة قياس القوة (الواط) والأخرى عند استخدام وحدة قياس من الضغط (الداين).

إن الشيء الهام الذي يجب تذكره حول قياس الشدة الصوتية هو أن هناك دائماً نقطة معيارية مرجعية. فالديسبل هو وحدة قياس الشدة، وفي الواقع، هو نسبة أي: مقارنة الصوت المراد قياس شدته بصوت تساوي شدته النقطة المعيارية المرجعية في قياس الشدة. تساوي نقطة قياس الشدة المرجعية 10^{-16} واط/سم^2 (10^{-16} watts /cm^2)، بينما تساوي النقطة المرجعية في قياس الضغط الصوتي 0,0002 داين في/سم^2 (0,0002 dynes /cm^2). وتقيس كل من هاتين الإشارتين أدنى الأصوات سماعاً عند الإنسان، أو عتبة السمع المطلق عند الإنسان.

إن صيغة حساب الديسبل عند استخدام وحدة قياس الشدة المرجعية هي:

$$DBIL = 10\ (\log_{10} \frac{W_o}{W_r})$$

حيث تساوي IL مستوى الشدة (الوحدة المرجعية هي (10^{-16} watts /cm^2))، وتساوي W_o قدرة الخرج (قوة الإشارة المراد قياسها) في الواط. وتساوي W_r الوحدة المرجعية في قياس القوة بالواط. أي: (قوة الإشارة المرجعية: 10^{-16} واط/سم^2) ويساوي اللوغارتم العشري نسبة W_o / W_r والقاعدة هي 10، والأس هو الـ Log. فعلى سبيل المثال: لو كانت النسبة تساوي 100 إلى 1 فسيكون الـ Log مساوياً 2 لأن $10^2 = 100$ والأس هو 2.

وتكون المعادلة المستخدمة في حساب الديسبل عندما نستخدم وحدة حساب الضغط المرجعية من أجل المقارنة على النحو الآتي:

$$DBSPL = 20\ (\text{Log}_{10} \frac{P_o}{P_r})$$

تمثل P_o في هذه الصيغة الضغط المراد قياسه (الخرج)، و P_r الضغط المستخدم من أجل المقارنة (الوحدة المرجعية). فعلى سبيل المثال: لو كان مستوى ضغط الصوت المراد قياسه هو 20 داين في السنتمتر المربع (20 dynes /cm^2) فسيكون الصوت 100,000 مرة أكبر من وحدة الضغط المرجعية:

$$\frac{20 \text{ dynes /cm}^2}{0.0002 \text{ dynes /cm}^2} = \frac{100,000}{1}$$

وبما أنّ النسبة هي 100,000 إلى 1، فسيكون اللوغارتم العشري للنسبة مساوياً لـ 5 (أحصِ عدد الأصفار فحسب). تتطلب منا الصيغة الرياضية أن نضرب لوغارتم النسبة بـ (20) وبما أن $20 \times 5 = 100$ فسيكون الجواب، عندئذٍ، هو 100 ديسبل.

تذكر أنّ $\text{Log}_{10} \frac{P_o}{P_r}$ هو مجرد رقم صغير والأس في هذه الحالة هو خمسة.

دعنا نتناول مثالاً آخر، هناك صوت تبلغ شدته الصوتية عشرة أضعاف مستوى

أدنى الأصوات سماعاً (0,0002 dynes/cm²)، فكم سيكون مستوى الضغط الصوتي لهذا الصوت مقيساً بالديسبل؟

الجواب: إن لوغارتم 10 = 1 (صفر واحد فحسب) و 20 × 1 = 20، فلذلك سيبلغ مستوى الضغط الصوتي في هذا الصوت 20 «ديسبل» فحسب.

ويجب أن تكون قادراً على حساب النسبة أو الضغط في الداين إن أعطيت القيم بالديسبل. فعلى سبيل المثال: كم يزيد مستوى الضغط الصوتي لمحادثة يبلغ ضغطها 60 ديسبل عن ضغط أدنى الأصوات سماعاً.

$$60\ dB\ SPL = 20 \times (X = \log_{10} \frac{P_o}{P_r})$$

$$X = 3$$

وبما أن اللوغارتم = 3، فيجب أن تكون النسبة (1,000 إلى 1)، (ثلاثة أصفار فحسب)،

وبذلك سيكون الضغط الصوتي في المحادثة العادية أكبر بـ 1,000 مرة من ضغط أدنى الأصوات سماعاً، أو أكثر دقة.

$$\frac{0,2\ \text{داين}}{\text{السنتيمتر المربع}}$$

$$\begin{array}{r} 0.0002\ dynes/cm^2 \\ \times\ 1,000 \\ \hline 0,2000\ dynes/cm^2 \end{array}$$

ماذا يعني صفر ديسبل. فلو كانت شدة صوت مساوية صفر ديسبل، هل يعني ذلك أنه لا يوجد هناك صوت؟ على العكس من ذلك.

dB = 20 (Log of the ratio)
OdB = 20 × 0

الديسبل = 20 × (لوغارتم النسبة)

فاللوغارتم هو صفر، وبما أنه لا توجد أصفار في النسبة، فإن النسبة تساوي

واحداً، وهذا يعني أن الخرج يساوي ضغط وحدة القياس المرجعية (النقطة المرجعية). وهكذا، يمكننا أن نرى بوضوح أنّ صفر ديسبل يعني أن الصوت الذي نحن بصدده مساوٍ لوحدة القياس المرجعية وليس السكون.

النسبة	اللوغارتم	الديسبل (20 X لوغارتم النسبة)
Ratio	Log	dB (20 × log of ratio)
1,000:1	3	60 dB SPL
100:1	2	40 dB SPL
10:1	1	20 dB SPL
1:1	0	0 dB SPL

يضم الجدول الآتي أرقاماً تقريبية لمستويات الضغط الصوتية لبعض الأصوات المألوفة:

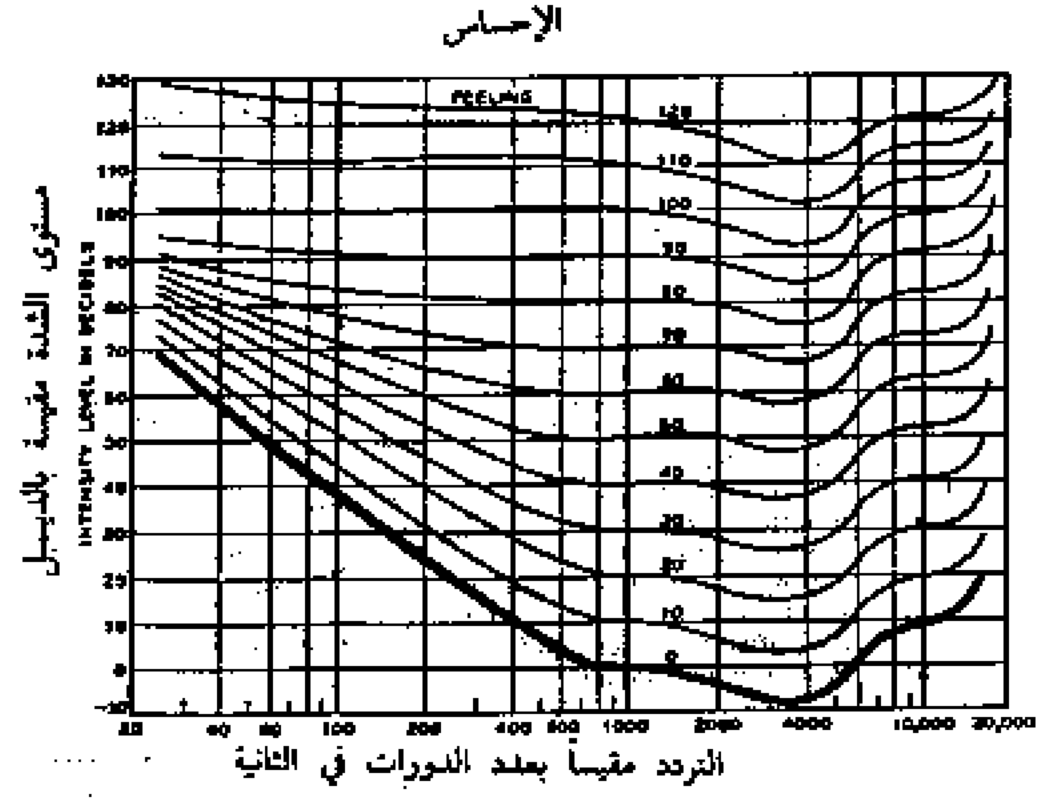
All sound within a few feet of the listener كافة الأصوات على بعد بضعة أقدام من المستمع

0 dB	Threshold of hearing	عتبة السمع المطلق
20 dB	Rustling of leaves	حفيف أوراق الشجر
30 dB	Whisper (3 feet)	همسة (على بعد ثلاثة أقدام)
35 dB	Residential area at night	منطقة مأهولة ليلاً
45 dB	Typewriter	طابعة آلة كاتبة
60 dB	Conversation	المحادثة
75 dB	Shouting, singing (3 feet)	الصراخ، الغناء (على بعد ثلاثة أقدام)
100 dB	Approaching subway train, for people on waiting platform	قطار أنفاق مقترب، للناس الذين ينتظرون على رصيف المحطة
120 dB	Jet airplane, for man on runway	طائرة نفاثة، لإنسان على المدرج؛
	Amplified rock music (6 feet)	موسيقا الروك الضخمة (على بعد ستة أقدام)
130 dB	Painfully loud sound	صوت مرتفع للغاية مما يؤدي بالإحساس بالألم.

Intensity and Loudness الشدة والجهارة

الشدة أو الضغط الصوتي، كالتردد صفة فيزيائية للإشارة السمعية يمكن قياسها بجهاز يسمى مقياس المستوى الصوتي، ترتبط شدة الإشارة مباشرة بجهارتها. فكلما ازدادت شدة الصوت حكم المستمعون بأن جهارته قد ارتفعت. والجهارة هي الإحساس النفسي الذاتي حول الشدة المراد قياسها، وكما هي الحال بين التردد وطبقة الصوت، فإن العلاقة بين الشدة والجهارة ليست في تناسب كامل. وهنا، كذلك، يقوم جهاز السمع الإنساني بتكييف الإشارة الصوتية، وبذلك تتطلب الإحساسات بجهارة متساوية ذات ترددات مختلفة نسباً مختلفة من الشدة.

و «الفون» هو وحدة قياس الجهارة المتساوية. يمثل الشكل (3.17) مستويات جهارة متساوية لترددات مختلفة.



الشكل 3.17: خطوط مناسيب ارتفاع مستوى الصوت اشتقها فليتشر وميتسون (Fletcher & Munson). إن درجة ارتفاع الصوت في كل منحنى متساوية في كافة الترددات. كما وأشير إلى مستوى ارتفاع الصوت مقيساً بالفونز على كل منحنى.

يمثّل الخط القاتم «عتبة السمع المطلق العامة». وتسمع آذانٌ شابة صحية فقط نسب الشدة المختلفة في كل تردد. ومن الواضح تماماً أن جهاز السمع الإنساني قد صمم لاستقبال الترددات الوسطى (1000 - 6000 هرتز) التي لا تحتاج إلى شدة قوية كتلك التي تحتاجها الترددات الدنيا والعليا جداً. وتستخدم هذه المعلومات في خصائص تصميم وسائل وأجهزة السمع وتصنيعها: كأجهزة اختبار السمع، وفي مقارنة عتبة السمع المطلق عند شخص ما بعتبة السمع المطلق بآذان صحية شابة. يمثل الصفر في جهاز قياس السمع مجرد الخط القاتم في الشكل (3.17) والذي يخرج مباشرة على الورقة المستخدمة في تبيان الاختبار ويسمّى «مخطط السمع البياني».

تمثل الخطوط الأبهت لوناً منحنيات الفون للجهارة المتساوية. حيث يتمتع خط الفون 20 بجهارة متساوية في كافة الترددات حتى نغمة 1000 هرتز ذات الشدة 20 ديسبل. وكذلك يتمتع خط الفون 70 بجهارة متساوية في كافة الترددات حتى نغمة 1000 هرتز ذات الشدة 70 ديسبل. وفي مستويات الجهارة المنخفضة، هناك اختلاف كبير بين الترددات الواقعة في الوسط، وتلك الواقعة في النهايات القصوى في حجم الشدة المطلوبة حتى نحصل على أحكام تقضي بجهارة متساوية. أما في مستويات الجهارة العالية، فتختفي الاختلافات الكبيرة في الشدة.

وعندما يطلب من مستمعين أن يدلّوا بحكمهم حول الجهارة النسبية (½ جهارة كذا، ضعف جهارة كذا) في إجراء تدريجي مشابه لذلك المستخدم في الحصول على مدرج الحل في قياس طبقة الصوت، تسمى وحدة قياس الجهارة في هذه الحالة بـ «السون»، حيث يساوي السون الواحد في جهارته جهارةَ نغمةٍ ترددُها 1000 هرتز وشدتُها 40 ديسبل. ويمكن، من خلال هذا الأسلوب، تأكيد أنّ الإحساس بالجهارة يتزايد ببطء أكبر من زيادة الشدة الحقيقية.

الصفات الفيزيائية	الصفات النفسية
التردد (هرتز)	طبقة الصوت (ميل) مقياس متدرج
الشدة (ديسبل)	جهارة الصوت (السون) مقياس متدرج
	(الفون) مقياس متساوٍ

سرعة الصوت في الفضاء الخارجي Veocity of Sound Through Space

السرعة هي مجرد السرعة في اتجاه معين. فالضوء ينطلق بسرعة أكبر من سرعة الصوت. أو لديه سرعة أكبر كما نعرف من تجربتنا مع الصواعق والرعد، حيث نرى الوميض قبل سماع الصاعقة و (الوقع). تبلغ سرعة الصوت في الهواء، ضمن شروط جوية عادية، ، النحو التالي:

344 متراً في الثانية. أو:

1130 قدماً في الثانية. أو:

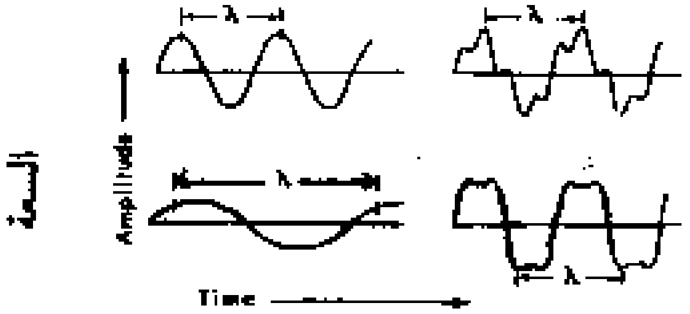
758 ميلاً في الساعة.

وينطلق الصوت أكبر في السوائل، ويبلغ سرعته القصوى على طول الأشياء القاسية لأن مرونة الوسط الناقل وكثافته تؤثران في سرعة النقل. والسرعة مستقلة عن الضغط طالما أن درجة الحرارة ثابتة. حيث يسافر الصوت الخافت بسرعة الصوت المرتفع نفسها: لكن الصوت الخفيض لن يصل إلى البعد (الهدف) نفسه بسبب «قانون التربيع العكسي». (تتغير الشدة عكسياً بمربع البعد عن المصدر)، لكنه ينطلق بسرعة الصوت المرتفع نفسه. لكن درجة الحرارة لها تأثير فعّال، فسرعة الأصوات في يوم صيفي حار أكبر منها في يوم شتوي متلبد بالغيوم.

يجب عدم الخلط بين سرعة تحرك الجزيء، وسرعة انتشار الموجة. تغير الجزئيات المهتزة في الحركة التوافقية البسيطة سرعتها دائماً، حيث تصل أقصى سرعتها وهي فوق نقطة الاستقرار. لكن سرعة الموجة الصوتية المتحركة في الفضاء ـ السرعة التي يتحرك فيها اضطراب من بقعة إلى أخرى ثابتة مقارنةً. (راجع الشكل 3.6).

طول الموجة Wave Length

يساوي طول الموجة الصوتية المسافة الفضائية التي تشغلها دورة كاملة. ويمكن للمرء أن يبدأ القياس من أية نقطة في أية دورة إلى نظيرتها في الدورة اللاحقة. والرمز المستخدم للدلالة على طول الموجة هو الحرف اللاغريقي لامدا، (λ). يمثل الشكل (3.18) أطوال موجات لإشارات نغمات بسيطة ومركبة.



الشكل 3.18: طول الموجة (λ) هي المسافة التي تشغلها دورة كاملة من الذبذبة.

يعتمد طول الموجة على عاملين أساسين: تردد الذبذبة، وسرعة انتشار الموجة الصوتية في الوسط الناقل.

راقب تغيرات طول الموجة بغمس إصبعك في إناء صغير مملوء بالماء. في البداية إغمس إصبعك بترد منخفض، ثمّ بتردد مرتفع، لاحظ أن المسافة الفاصلة بين قمم المويجات في التردد المنخفض أكبر منها في التردد الأعلى. تشغل الأصوات ذات الترددات المرتفعة مساحة أقل أثناء دورتها، وطول موجة أقصر من تلك التي تمتلكها الأصوات ذات الترددات المنخفضة.

ويتعلق العامل الهام الآخر بالوسط الناقل. فقد رأينا أن الموجات الصوتية تنتشر في الوسط الصلب بسرعة أكبر من انتشارها في السوائل، وتنتشر في السوائل بسرعة أكبر من انتشارها في الغازات. وإن اعتبرنا أن طول الموجة (λ) يساوي السرعة الثابتة (C) مقسمة على التردد (F)، فيمكننا، عندئذٍ الحصول على الصيغة الآتية.

طول الموجة = السرعة / التردد ¥ = C / F

فعلى سبيل المثال، سينشأ صوت ذو تردد محدد على طول موجة في الماء أطول منه في الهواء .

تخيل طول الموجة في بعض الأصوات الكلامية المألوفة. قلْ (آه) بطبقة صوت مريحة نسبياً. فلو كنت إمرأة، فسيكون التردد الأساسي لذلك الصوت المركب حوالي 200 هرتز أما إن كنت رجلاً، فسيكون التردد الأساسي حوالي 100 هرتز. وسيبلغ طول الموجة في صوت الرجل حوالي ثلاثة أمتار، بينما سيكون طول الموجة عند المرأة، في هذا المثال، حوالي مترين تقريباً. يزيد كل متر حوالي ثلاثة إنشات عن الياردة.

طول الموجة = السرعة / التردد.

طول الموجة = 344 متراً في الثانية = 1.75 متراً تقريباً أو 61 إنشاً (5' 7")

---

200 هرتز

طول الموجة = 344 متراً في الثانية = 3.4 متراً أو "3 '11.

---

100 هرتز

وعندما تقول «شه» كي تسكت شخصاً ما، فستكون الترددات ذات القدرة العالية قريبة من 2500 هرتز، من ثم، سيصبح طول الموجة قصيراً. إذ يبلغ حوالي أربعة عشر سنتيمتراً (بين 5 و 7 إنشات).

طول الموجة = 34,000 سنتيمتراً في الثانية = ~ 14 سنتيمتراً.

2500 هرتز

تكون الأصوات ذات الترددات العالية، وأطوال الموجات القصيرة، محددة الاتجاه على نحو أكبر من الأصوات ذات الترددات المنخفضة. وتشع أطوال الموجات الأطول على نحو أكبر وتصل إلى الزوايا على نحو أسهل.

ويوضح لنا هذا مبحث إصدار الخفافيش مثل تلك الأصوات ذات الترددات العالية جداً (فوق صوتيه). فالخفاش يهتم بالتقاط الحشرات الطائرة الصغيرة، حيث يرتدّ صوته عن أي جسم يقع في طريقه تبلغ كثافته أكبر من كثافة الأجسام المجاورة. وبهذه الطريقة، يستطيع الخفاش تحديد فريسته قبل الانقضاض عليها. والإشارة ذات الطول القصير ودرجة الإشعاع القليلي هي وحدها التي يمكنها تحديد هدف صغير بهذه الطريقة. تستطيع الخفافيش، حتى لو كانت عمياء، أن تحلّل الصوت المعكوس من أجل الحصول على معلومات حول حجم الطعام أو العوائق وبعدها.

وتوضح لنا تغيرات أطوال الموجات أيضاً مبحث إمكانية سماعنا، في غالب الأحيان، الأصوات في غرفة مجاورة بوضوح، وعجزنا عن فهم ماذا تقول. ينطوي الكلام على مركبات الترددات العليا والترددات الدنيا. حيث تنعطف الأصوات ذات الترددات المنخفضة وأطوال الموجات الطويلة حول الجدار وتدخل من الباب، بينما تضيع مركبات الترددات من الصوت كثيراً، لأنها تمتلك أطوال موجات أقصر ومحدودة الاتجاه على نحو أكبر وتشع بنسبة أقل. وبما أننا، من حيث أننا مستمعون، لا نتلقى سوى جزء من الإشارة فلا يمكننا فهم ماذا قيل.

الرنين Resonance

إن كنت قد دفعت طفلاً في أرجوحة، فإنك تعرف جيداً أنه يجب عليك توقيت كل دفعة كي تتوافق مع حركة الأرجوحة التوافقية. فلو ركضت ودفعت الأرجوحة في نقطة قريبة من منتصف خط عودتها إليك، بدلاً من أن تنتظرها حتى تصل إلى مسافتها القصوى في رحلتها، فإنك سوف تقصر قوسها. كما يمكن أن تصدمك وتطرحك أرضاً. يسمى التردد الذي تكمل فيه الأرجوحة دورة في ثانية واحدة بـ «التردد الرنيني الطبيعي للأرجوحة». وهذا التردد مستقل تماماً عن السعة. إدفع طفلاً بقوة أقل، وبعدها بقوة أكبر، فسترى أن سعة القوس سوف تتغير لكنّ تردده سيبقى ثابتاً. ماذا سيحدث، يا ترى، لو انقطع الحبل، وأزيلت قطعة من الحبل الضعيف من كل طرف؟ ومن ثم أصبحت الأرجوحة أقصر. هل سيبقى التردد الرنيني الطبيعي للأرجوحة ذات الحبل الأقصر على ما هو عليه كما كان في الأرجوحة ذات الحبل الأطول. إننا نعرف من خلال

التجارب السابقة أن هذه الأرجوحة الجديدة سوف تتمتع بتردد طبيعي أكبر (دورات أكثر في الثانية) من تردد الأرجوحة السابقة. وعلى الجملة، تهتز الأشياء الصغيرة بترددات أكبر منها في النسخ الأكبر من الشيء نفسه.

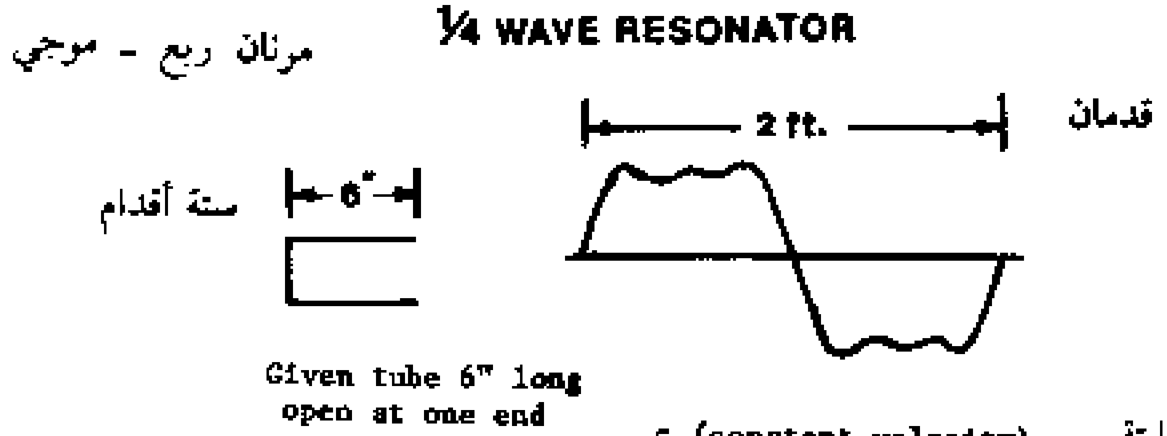
يمتلك كلّ شيء يهتز تردداً طبيعياً، أو في العديد من الحالات، يكون التردد الطبيعي هو تردد الذبذبة عندما تترك كي تتذبذب على نحو حر (الذبذبة الحرة). يمكن إلصاق آلة بالأرجوحة تحملها على الذبذبة بأي تردد (ذبذبة قسرية)؛ لكنه حتى ضمن هذه الشروط، فإن الإرجوحة سوف تهتز بسعة أعظم عندما تُضطر إلى الاهتزاز بتردد يساوي ترددها الرنيني الطبيعي فحسب. يعتمد رنين الذبذبة على سماته الفيزيائية. كما نعرف ذلك من تصميم الشوكات المرنانة.

كل شيء يهتز، من ثم يمكنه أن يرن على نحو مسموع أو غير مسموع، والمرنان هو شيء يتحرك أو يتذبذب بفعل ذبذبة أو عمل ذبذبة أخرى. لا تبدأ المرنانة القوة الصوتية، فالصوت يُحدث في مكان آخر، والمرنان يتذبذب متعاطفاً معه إن كان الصوت من المصدر له ترددات المرنان الرنينية نفسها أو ما هو قريب منها.

إنزع خافت الصوت عن وتر في البيانو من خلال الضغط برفق على المفتاح على نحو ينعدم معه الصوت، ثمّ غنِّ، بصوت عالٍ، العلاقة الموسيقية المناظرة للمفتاح المضغوط، بهذه الطريقة سوف تنفذ عملياً رنيناً متعاطفاً معك عندما يتذبذب الوتر استجابة لغنائك. وما وتر البيانو، والشوكة المرنانة، والأرجوحة إلا أمثلة لمرنانات آلية. أما المرنان الصوتي (السمعي) فهو شيء يحتوي على الهواء. سيرنّ جسم من الهواء استجابة لصوت يحتوي على ترددات مساوية للترددات الرنينية الطبيعية لحجم الهواء. ويمكننا فهم هذا المبدأ من خلال التفكير حول تصميم الأجهزة الموسيقية وإنشائها. حيث لا يكفي ربط عدة أوتار بقاعدة ما للحصول على صفة الصوت المرتبطة بالكلمات أو الكمنجة أو الغيتار. وعلى الرغم من أن القدرة اللازمة للصوت تأتي من خلال نقر قوس الكمان، وأن مصدر الأصوات يكمن في ذبذبة الأوتار لكنّ الصناديق المليئة بالهواء وراء الأوتار تعمل على جعل بعض الترددات المحددة ترن وهي نفسها تجعل الآلة الموسيقية مميزة عن غيرها. وطبيعي أنّ حجماً صغيراً من الهواء سوف يهتز بترددات أعلى من تلك التي يهتز فيها حجم هوائي أكبر.

لاحظ أنه عندما تضيف ماءً إلى قارورة أن ترددات الصوت تتزايد عندما يقل حجم الهواء. ولو ساوينا بين تردد حجم الهواء في أعلى القارورة وتردد شوكة مرنانة من خلال إضافة الماء حتى يتناظرا تماماً، لأمكن بعد ذلك إمالة القارورة ونغيّر بذلك شكل الهواء داخل القارورة، لكنّ الهواء سيستمر في الرنين استجابة للشوكة المرنانة. إن شكل فجوة الهواء ليس مهماً كأهمية حجم الهواء.

وهناك مرنان صوتي يتصل بالكلام لأنه مشابه لرنين المجرى الصوتي والقناة الأذنية وهو أنبوب مليء بالهواء مفتوح من أحد طرفيه ومغلق من الطرف الآخر. يهتز الهواء داخل الأنبوب بترددات معينة، ويعتمد ذلك على طول الأنبوب، يبلغ طول موجة الرنين الأساسي في مثل هذا الأنبوب أربعة أضعاف طول الأنبوب. ويمكن صياغة النقطة على نحو آخر: لا يمكن مرور سوى ربع الموجة في أي مرور بمفرده، إلى داخل الأنبوب. يقارن الشكل (3.19) طول المرنان بشكل موجة الترددات الرنانة. تهتز مرنانات ربع الموجة فحسب بمضاعفات فردية من التردد الأساسي بسبب انغلاق الطرف الثاني. سنناقش هذه المرنانات على نحو أوسع في الفصول اللاحقة.



سرعة ثابتة

$$f = \frac{c \text{ (constant velocity)}}{4 \cdot l \text{ (length of tube)}}$$

¼ من طول الأنبوب

$$f = \frac{1130 \text{ ft}}{4 \cdot 1/2 \text{ ft}} = \frac{1130}{2} = 565 \text{ Hz}$$

$3f = 1695$ Hz
$5f = 2825$ Hz

الشكل 3.19: يرن أنبوب مفتوح من طرف ومغلق من الطرف الآخر بترددات تساوي مضاعفات تردده الرنيني الأساسي. يساوي طول موجة التردد الرنيني الأدنى أربع مرات طول الأنبوب.

تستمر المرنانات المؤلفة على نحو دقيق ـ تلك التي تهتز على حزمة أو نطاق ترددي ضيق ـ لمدة أطول وبتخافت أقل من المرنانات المؤلفة على الاهتزاز على أنطقة أوسع، والتي تهتز للعديد من الترددات، لكنها تنشأ وتنتهي أو تتلاشى بسرعة. فعلى سبيل المثال: تهتز شوكة مرنانة أو آلة موسيقية مؤلّفة على نطاق ضيق لفترة أطول من اهتزاز باب عندما تقرعه.

الصوتيات السمعية والكلام Acoustics and speech

سيؤدي هذا الفصل وظيفة القاعدة الأساسية للكثير مما سيأتي في هذا الكتاب. تتمثّل أعجوبة الكلام في الطريقة التي تصدر فيها الحبال الصوتية والمجرى الصوتي الأصوات المميزة، وكيف تتنوع وتتركب واحداً تلو الآخر كي تعمل بوصفها زمزاً من أجل التخاطب والاتصال. وسنوضح الطريقة العامة التي يصدر فيها الإنسان هذه الأصوات الهامة في الفصل الآتي.

مراجع الفصل الثالث

Textbook Treatments of Acoustics:

Benade, A. H., *Horns, Strings, and Harmony*. Anchor Books, Garden City, N. Y.: Doubleday, 1960.

Denes, P., and Pinson, E., *The Speech Chain*. New York: Doubleday, 1973.

Ladefoged, P., *Elements of Acoustic Phonetics*. Chicago: University of Chicago Press, 1962.

Pierce, J. R., and David, E. E., Jr., *Man's World of Sound*. Garden City, N. Y.: Doubleday, 1958.

Stephens, R. W. B., and Bate, A. E., *Acoustics and Vibrational Physics*. New York: St. Martin's Press, 1966.

Van Bergeijk, W. A., Pierce, J. R., and David E. E., Jr., *Waves and the Ear*. Anchor Books, Garden City, N. Y.: Doubleday, 1960.

Wood, A., *Acoustics*. New York: Dover Publications, 1966.

Classic References:

Fletcher, H., and Munson, W. A., Loudness, Its Definition, Measurement, and Calculation. *J. Acoust. Soc. Am.* V, 1933, 82–108.

Fourier, J. B. J., *Théorie Analytique de la Chaleur*. Paris: F. Didot, 1822.

Rayleigh, J. W. S., *Theory of Sound*. New York: Dover Publications, 1960. First published by Macmillan in London, 1878.

Stevens, S. S., Volkmann, J., and Newman, E. B., A Scale for the Measurement of the Psychological Magnitude Pitch. *J. Acoust. Soc. Am.* 8, 1937, 185–190.

الفصل الرابع

إصدار الكلام

إعتنِ أنت بالحواس - وستعتني الأصوات بنفسها. «الدوقة» في «مغامرات أليس في أرض الأعاجيب».

الفصل التاسع، لويس كارول (تشارلز لتويج دوجون)

Chap.IX. by Lewis Carrol (Charles Lutwidge Dodgson

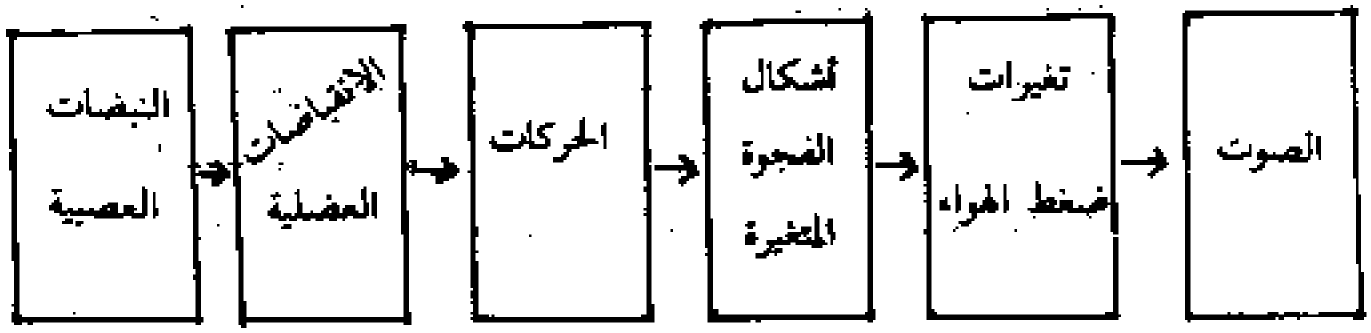
إن نصيحة الدوقة لـ «ألس»، «Alice» متينة الأساس. ففي الحالات العادية، يكون المتكلم مدركاً وواعياً لمعنى رسالته وكذلك في بحثه عن الكلمات المناسبة للتعبير عن قصده، وربما كان واعياً تماماً لأحساسيه بشأن المستمع أيضاً. ولا يكون غالباً مدركاً عمليات إصدار الكلام إلا في ظروفٍ متغيرة وجديدة، كمحاولة ترديد كلمات جديدة أو التكلم بجهاز سني جديد في فمه. ويدهش طلاب الصوتيات المبتدئون لعدم قدرتهم على وصف ما يفعلون عندما يصدرون بعض الأصوات الخاصة. إنَّ قدرة بعض المتكلمين المهرة على إصدار مثل ذلك الجدول السمعي السريع والمركب دونما كللٍ تخدع بعض الطلبة حيث تقودهم للاعتقاد بأنه يجب أن تكون دراسة الصوتيات سهلة أيضاً. فإن كان الكلام سهلاً بهذه الدرجة أفلا يجب أن تكون دراسة الكلام سهلة أيضاً؟

على قدر ما ننظر بعين متفحصة إلى القسم الأعلىٰ من الجهاز العصبي تصبح معرفتنا محدودة. إننا نعرف قسطاً كبيراً من المعلومات حول إصدار الكلام من الأصوات التي تخرج من فم المتكلم، وتحليلها السمعي. وإننا نعرف بعض الشيء عن حركات بعض أجزاء جسم المتكلم. ونتعلم الآن بعض الشيء حول النشاط العضلي

المرافق لبعض الحركات. ويمكننا أن نستنتج من المعلومات حول النشاط العضلي شيئاً ما حول النبض العصبي الذي يسبب تحرك العضلات. لكنّ معرفتنا بشأن تنظيم هذه النبضات وتنسيقها في الدماغ محدودة. وتصبح معرفتنا أقلّ عندما نقترب من كيفية اشتقاق هذه الأنماط العصبية من المعرفة اللغوية المخزنة ومن الفكر في نهاية المطاف.

لن نحاول استكشاف المسالك الغامضة لعملية اتخاذ القرار، وماهية المفهوم، والذاكرة، ولا حتى الاختيارات اللغوية العديدة التي تتخذ إما اختيارياً أو إرادياً أو عن طريق العادة عندما يجهز المتكلم نفسه لقول شيء ما. وتضم هذه الخيارات: خيارات حول المعنى، والتركيب، والنظام الصوتي. فعلى الرغم من أننا نوقف أنفسنا عند مناقشة الفعل الكلامي معزولاً عن مصدره اللغوي، لدينا العديد من موضوعات النقاش: المظاهر العصبية ـ الفيزيولوجية لإصدار الكلام، وفيزياء التنفس أثناء الكلام، و «ديناميكية» النطق، ونطق الأصوات الكلامية، ورنين المجرى الصوتي، وآلية التغذية الإرجاعية المستخدمة في مراقبة الكلام وبعض النظريات المتعلقة بآلية إصدار الكلام. وسيكون التركيز في كافة أقسام هذا الفصل على «فيزيولوجيا» و «ديناميكات» إصدار الكلام. وسيبقى القسم الخاص بالتشريح في أدنى مستوىً له. سنذكر أهم الأعصاب والعضلات، والغضاريف والعظام المستخدمة في إصدار الكلام فحسب.

إن الهدف من إصدار الكلام هو صنع تراكيب صوتية معنوية محددة. وللوصول إلى الهدف، يستخدم المتكلم الهواء في إصدار أصوات مختلفة (أربعين صوتاً مختلفاً في الإنجليزية) تُغيّر وتحوّر أكثر عندما تصدر في سياق أحدها مع الآخر. تصدر الأصوات من خلال تنظيم تيار الهواء وهو يمرّ من الرئتين إلى الفضاء الخارجي. ويقوم بهذا التنظيم حركات الفك، والشفتين، واللسان، والحنك الرخو، والبلعوم، والأوتار الصوتية التي تغيّر مجتمعة أو منفردة شكل المجرى الصوتي. والحركات، أساساً، هي نتيجة الإنقباضات العضلية التي هي نفسها نتيجة النبضات العصبية، وطبيعي أن العملية كاملة يسيطر عليها الجهاز العصبي. يُرى الشكل (4.1) تسلسل النشاط الحركي في مراحل الكلام المتعددة.



الشكل 4.1: منظومة الحوادث المؤدية لإصدار الأصوات الكلامية.

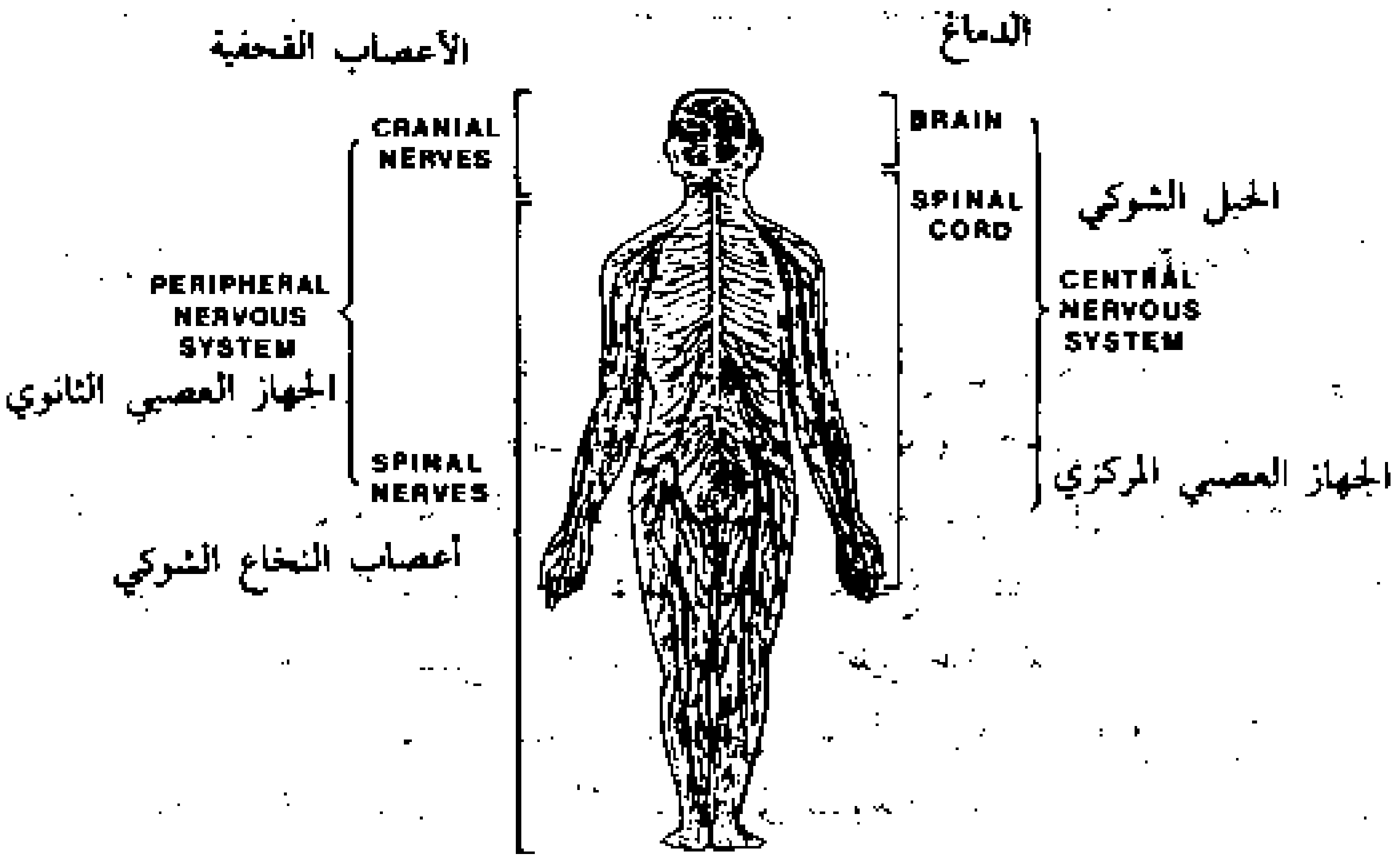
أسس الكلام العصبية Neuro Physiology of Speech

يبقى الدماغ والألياف العصبية الممتدة منه في نشاط دائم. وتستمر النبضات العصبية في الإطلاق خلال النظام العصبي ما دامت هناك حياة. وعلى عكس الحاسوب، يبقى الدماغ مشتغلاً، وعندما يتلقى الدماغ إشارة، كالإشارة الصوتية مثلاً، يتضاعف نشاط بعض المناطق على نحو حاد. وهناك نشاط متزايد أيضاً عندما يعِّيء الإنسان نفسه لفعل شيء ما. يتألف الجهاز العصبي من شبكة خلايا متخصصة تسمّى كل منها «العصبون». وتُقوي شبكة العصبونات هذه شبكة من خلايا أخرى تقوم بحماية الأولى وتغذيتها. وتُغذي هذه الأخيرة بكمية وفيرة من تدفق الدم.

يمكن تقسيم الجهاز العصبي على:

(أ) الجهاز العصبي المركزي (CNS) وهو مؤلف من الدماغ، والنخاع الشوكي.

(ب) الجهاز العصبي الثانوي (PNS) ويتألف هذا الأخير من الأعصاب المنبثقة من قاعدة الدماغ (الأعصاب القحفية) التي تخدم منطقة الرأس. وأخرى تنبثق من النخاع الشوكي (أعصاب النخاع الشوكي) التي تخدم بقية الجسم. أنظر الشكل (42).



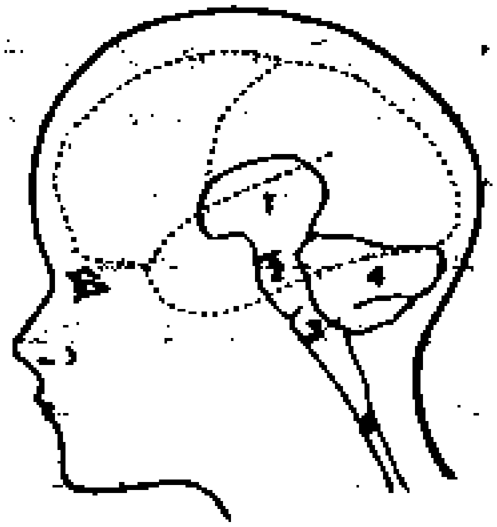
الشكل 4.2: تقسيمات الجهاز العصبي.

فبعض الأعصاب حركية (عصبونات صادرة efferent) تقوم بنقل النبضات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى أجزاء الجسم الثانوية. وبعض العصبونات الأخرى حسية (عصبونات واردة) وتقوم بنقل المعلومات من أجزاء الجسم الثانوية إلى الجهاز العصبي المركزي. فعلى سبيل المثال، عندما يقرر المرء إغلاق شفتيه، تقوم العصبونات الصادرة بنقل النبضات العصبية إلى عضلات الشفتين اللتين تنقبضان أيضاً. وعندما تنغلق الشفتان؛ تثار مستقبلات الإحساس القريبة من سطح الجلد وتقوم بنقل المعلومات الحسية، بأن الشفتين قد انغلقتا، إلى الدماغ عن طريق العصبونات الواردة. إنَّ مسارات الخيوط العصبية في النخاع الشوكي والجسم بتمامه خطيّة الاتجاه، ولذلك يمكن تصنيفها إما واردة وإما صادرة. لكن الخيوط العصبية، التي تتألف منها مراكز الدماغ العليا نفسها، متشابكة في شبكة متراصة ثلاثية الأبعاد، ولا يمكن تصنيفها بسهولة بوصفها «واردة» أو «صادرة». وأفضل شيء يمكن فعله بشأن التزويد العصبي الثانوي هو تركه لمناقشة لاحقة بما في ذلك العضلات وأجهزة

التحسس المستقبلة التي تقوم بخدمتها. لكنّه يجب ذكر فاعلية الجهاز العصبي المركزي في إصدار الكلام أولاً لأن الدماغ هو الذي يبدأ ويسيطر على كافة الحوادث التي تحصل أثناء الكلام.

الدماغ — The Brain

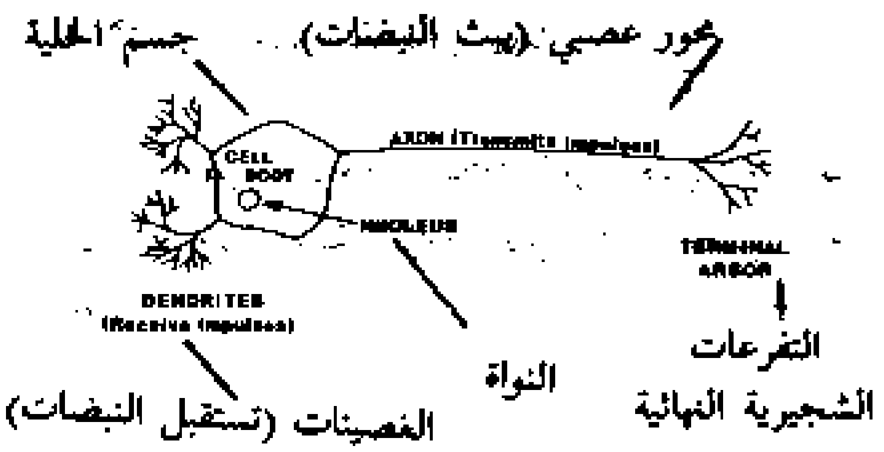
يتألف الدماغ من جذع الدماغ المركزي الواقع في قمة النخاع الشوكي، والمخيخ الذي يقع خلفه (خلف جذع الدماغ المركزي) ونصفي كرة المخ، اللتين تحجبان جزئياً جذع المخ، في الأعلى. يضم جذع الدماغ الأعلى المهاد البصري، والكتل العصبية القاعدية، بينما يضم جذع الدماغ السفلي بروز المادة البيضاء المحدب والنخاع المستطيل. ويضيق النخاع المستطيل عند اتصاله بالحبل الشوكي. يظهر الشكل (3.4) منظراً جانبياً لأحد نصفي الدماغ، ويبدو فيه موقع جذع الدماغ تحت غطاء المخيخ. يزن الدماغ الإنساني حوالي كيلوغرام ونصف الكيلوغرام أو حوالي ثلاثة «باوندات» تسمى قشرة الدماغ باللحاء وتتألف من بلايين من أجسام الخلايا التي تؤلف خلايا الخيوط العصبية المنفردة. سنركز اهتمامنا الآن على وظيفة الخلايا العصبية العامة أو العصبون.



الشكل 4.3: منظر جانبي للدماغ. يظهر نصفا كرة المخ ضمن المناطق المنقطة التي تقع فوق جذع الدماغ (1). نتوء المادة البيضاء المحدب (جسر) (2)، المخيخ (4)، النخاع المستطيل (3)، تظهر (5) كيف يضيق النخاع المستطيل لدى اتصاله بالحبل الشوكي.

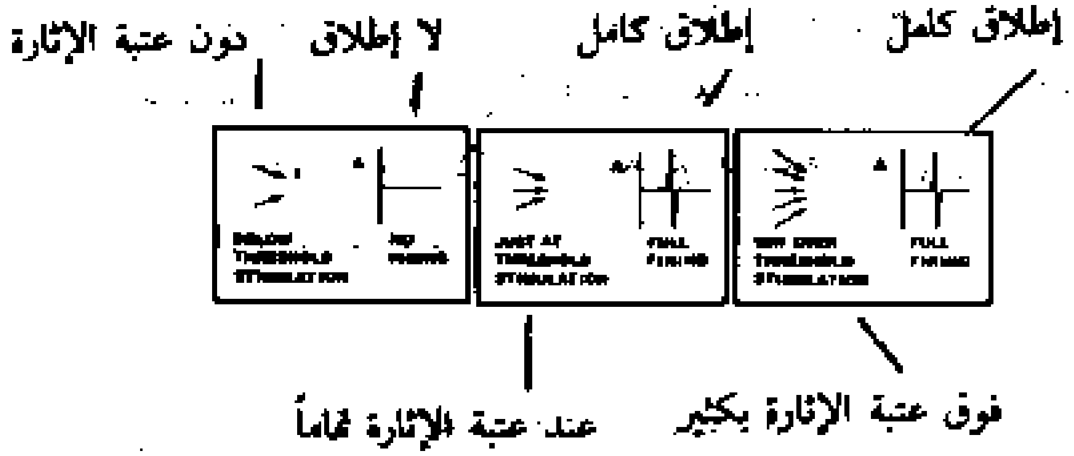
العصبون The Neuron

تتخذ العصبونات أشكالاً وأطوالاً مختلفة، لكنّها تتألف دائماً من خلية تسمى جسم العصبون وامتدادات تستقبل وترسل النبضات العضبية؛ ويوجّه كل عصبون حياته «البيولوجية» بنفسه. ويقوم - عند الإثار المناسبة بتوليد نشاطه الكهربائي بنفسه. يمثل الشكل (4.4) أحد نماذج العصبونات.



الشكل 4.4: عصبون مستقل. تنتقل النبضات العصبية من اليسار إلى اليمين.

يقترب النشاط العصبي من خلية جسم العصبون من خلال الغصينات العصبية، وتغادر النبضات خلية جسم العصبون عن طريق المحور العصبي. ويعمل الجهاز العصبي على مبدأ الإطلاق الكامل للنبضات العصبية أو عدم الإطلاق مطلقاً. ولكي يتم نقل النبضة العصبية على طول المحور يجب إثارة الجزء الأول من المحور الواقع خلف جسم العصبون مباشرة إلى عتبة الهيجان. وإن لم يبلغ حد الإثارة في العصبون تلك العتبة، فإنّ المحور لن يهيج مطلقاً. وإن وصلت الإثارة إلى حد الهيجان، فإن المحور العصبي سوف يطلق بقذيفة الكاملة بغض النظر عن قوة المؤثر. (أنظر الشكل 4.5). يمكن لمجموعة قوية من النبضات الواصلة إلى خلية جسم العصبون أن تضاعف تردد النبضات، لكنه لا يمكنها زيادة سعة كل نبضة مستقلة. ترمّز الشدة داخل النظام العصبي من خلال التردد.



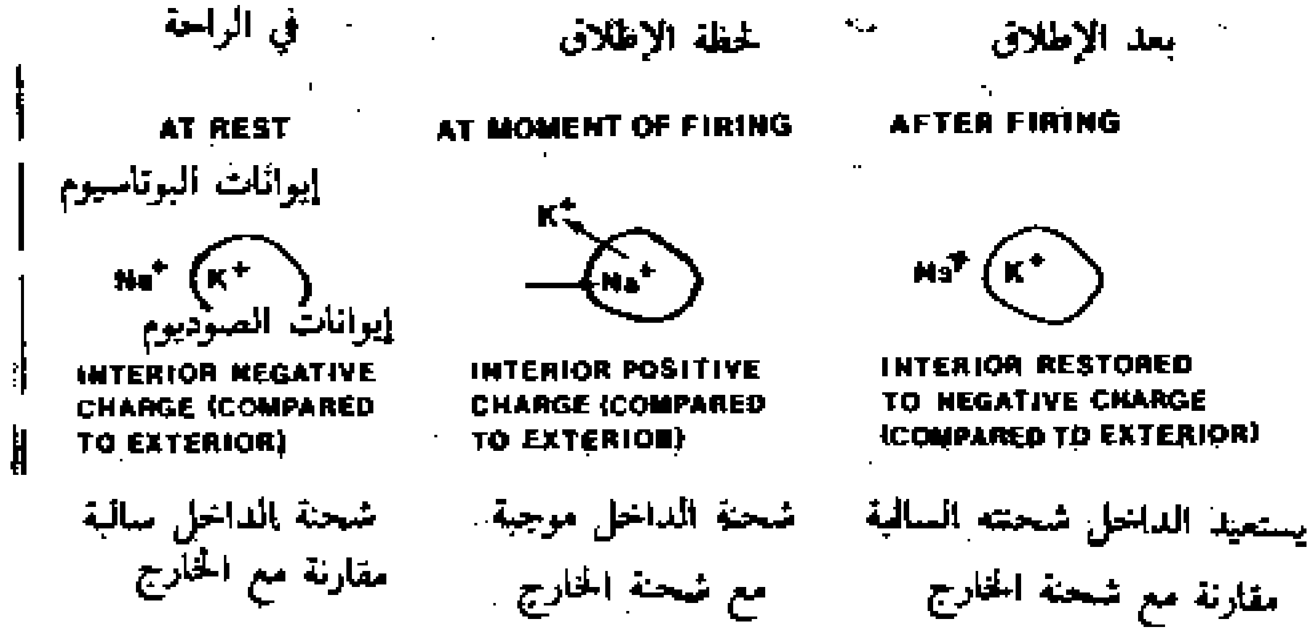
الشكل 4.5: الكل أو اللاشيء. تظهر اللوحات الثلاث إثارة عصب دون عتبة الإثارة، وعند عتبة الإثارة، وفوق عتبة الإثارة. فلو أطلق العصبون، فإنه سيطلق بسعة ثابتة (A).

ماذا يحدث عملياً عندما يطلق العصبون؟ تنقل الإثارة أو الهيجان عن طريق المحور العصبي الخارج من جسم خلية العصبون. إن التغير الحاسم الذي يحدث عند نقطة الهيجان هو مضاعفة نفاذية الغشاء الذي يلف المحور أو الخيط العصبي. تحدث زيادة مؤقتة في نفاذية الغشاء عند نقطة الهيجان تسمح بتبادل الإيونات مما يؤدي إلى منع استقطاب الخيط العصبي للحظة قصيرة جداً.

تخيل مقطعاً عرضانياً في محور عصبي. يملأ جوف الخيط العصبي مادة هلامية غنية بإيونات البوتاسيوم (K^+). أما خارج الغشاء، الذي يلف المحور عملياً، فهو سائل شبيهٌ بماء البحر وغنيٌ بإيونات الصوديوم (Na^+). تؤدي طبيعة الغشاء نفسه وبعض العمليات الاستقلابية المركبة إلى طرد معظم إيونات الصوديوم من المحور العصبي. لكنّ إيونات البوتاسيوم حرة في اجتياز الغشاء.

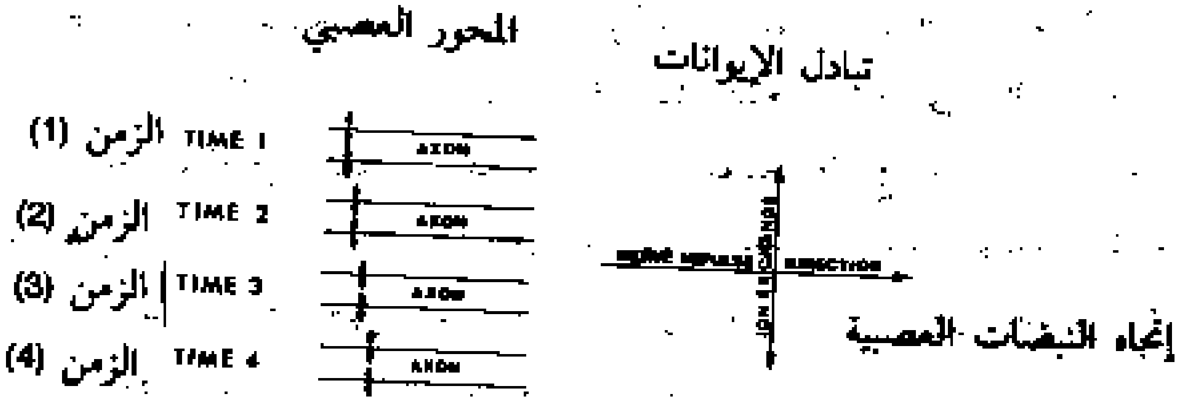
وفي حال الراحة ـ يكون جوف الخيط العصبي سالباً بقدرة تتراوح من 50 - 60 ملي فولط (1/1000 فولط) بالنسبة إلى الشحنة الكهربائية خارج العصبون.

وعندما تبلغ الإثارة عتبة الإطلاق في ذلك العصبون، يصبح الغشاء المحيط بالمحور العصبي أكثر نفاذية سامحاً بدخول إيونات الصوديوم (Na^+)، عندئذٍ، تبدأ إيونات البوتاسيوم (K^+) بمغادرة العصبون، وفي تلك اللحظة، حوالي 0,5/1000 ثانية، تصبح شحنة جوف المحور العصبي أكثر إيجابية من شحنة الخارج بقدرة تتراوح ما بين 30 إلى 50 ملي فولتز. وبعد لحظة الإطلاق مباشرة، يستعيد العصبون تركيبه الكيميائية الذي كان في فترة الراحة حتى تصل إثارة أخرى على طول المحور العصبي، يمثل الشكل (4.6) مخططاً بيانياً لهذا الحدث الكهركيميائي.



الشكل 4.6: الأحداث الكهركيميائية في غشاء الخلية قبل إطلاق الخلية العصبية وأثناءه وبعده.

تؤدي إزالة الاستقطاب في نقطة ما على طول المحور إلى إثارة النقطة التي تليها مباشرة وإلى التي تلي الأولى أيضاً. وبمجرد إطلاق العصبون فإنه يثار ذاتياً. ومن المفيد أن نلاحظ أنه على الرغم من أن النبضات العصبية تنتقل على طول الخيط العصبي بشكل طولاني، لكنّ الحركة الحقيقية لهذه الجسيمات هي على عرض الغشاء، ومن ثمّ فهي حركة عمودية مع الخيط العصبي. أنظر الشكل (4.7).

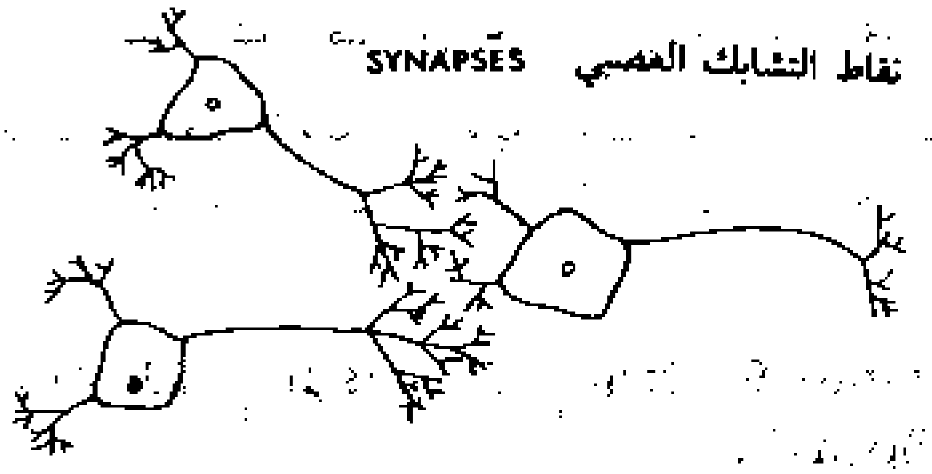


الشكل 4.7: نقل نبضة على طول المحور العصبي. تظهر الجهة اليسرى تبادل الإيونات في لحظات الزمن المتتالية. ينتقل النبض العصبي في اتجاه عمودي مع اتجاه تبدل الإيونات كما هو واضح في الجهة اليمنى من الشكل.

تعتمد السرعة التي تنتقل فيها كل نبضة عصبية على طول الخيط العصبي على مقطعه العرضي وعلى مادة «النخاعين» التي تحيط به. تبلغ سرعة النقل في الثدييات حوالي ست مرات عرض العصبون. فعلى سبيل المثال، ينقل عصبون صغير مقطعه العرضي 20 ميكرون، وهو أكبر عصبون في جسم الإنسان، نبضاً عصبياً بسرعة 120 متراً في الثانية. وعامل آخر يسبب زيادة نسبة النقل النبضي هو وجود مادة النخاعين التي تلف معظم الخيوط العصبية في الإنسان. ويفسّر مظهرها الأبيض الدهني تسمية بعض أقسام الجهاز العصبي بـ «المادة البيضاء». تلف النخاعين كلّ محور عصبي على نحو متقطع ومتوازٍ مسبباً ترك فواصل مكشوفة من المحور العصبي. وتقفز النبضات العصبية من فاصل مجردٍ مكشوف إلى آخر بسرعة فائقة. وبالمقارنة، فإن خلايا الأجسام غير مكسوة بغمد النخاعين، ولذلك تسمى بالمادة السنجابية.

يتم النقل من عصبون إلى آخر بوساطة إطلاق المركبات الكيميائية عند نقاط التشابك العصبي، وهو المكان الذي يحتك فيه محور عصبي لعصبونٍ ما بغصينات عصبون آخر. وتقوم المركبات الكيميائية بوظيفة الجسر الذي يغطي الفواصل الصغيرة

بين الخيوط العصبية. وهناك مائة بليون من نقاط التشابك العصبي في الدماغ البشري تقريباً. أنظر الشكل (4.8).



الشكل 4.8: مخطط بياني لثلاث عصبونات، تتشابك الإثنتان في اليسار مع الثالثة في اليمين. ينتقل النبض العصبي من اليسار إلى اليمين.

تسهل بعض المركبات الكيميائية عملية الإطلاق في الخلية التالية، بينما تقوم المركبات الكيميائية الأخرى بمنع الإطلاق في الخلايا التالية لها. يمكن لعدة عصبونات أن تتدخل في إثارة عصبون آخر. كما يمكن لعصبون مستقل أن يثير عدة عصبونات أخرى في الوقت نفسه. تتفق هذه الترتيبات في التقاء العصبونات وتباعدها مع تغيرات كيميائية يمكنها أن تمنع أو تسهل عملية البث العصبي عبر نقاط التشابك العصبي، مما يفسّر المرونة الكبيرة في الجهاز العصبي. ويمكن تأسيس أنماط ثلاثية الأبعاد مختلفة لا حصر لها من شبكات الخيوط العصبية في كل من الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي الثانوي.

تسمى عصبة من العصبونات بـ «العصب». يطلق كُل عصبون على نحو مستقل عن الآخر. لكن العصب يقوم عادة بخدمة منطقة معينة من الجسم. فعلى سبيل المثال، يقوم العصب السمعي المؤلف من حوالي 30,000 خيط عصبي، معظمها حسية، بنقل المعلومات من الأذن الداخلية إلى الدماغ.

إن تردد الإطلاق العصبي محدود لأنه يجب أن يستعيد كل محور عصبي تركيبه الكيميائي في حالة الاستقرار قبل كل إطلاق قبل أن يستطيع الإطلاق مرة أخرى. ويمكن لبعض العصبونات أن تطلق حوالي 200 مرة في الثانية. وتصل هذه السرعة في بعض الخلايا العصبية المتخصصة على نحو عالٍ إلى أكثر من 1,000 مرة في الثانية.

بعد أن استعرضنا الوظيفة الأساسية للخيط العصبي، دعنا نناقش الآن ما هو معروف حول كيفية تحكم الجهاز العصبي باللغة المحكية (الكلام).

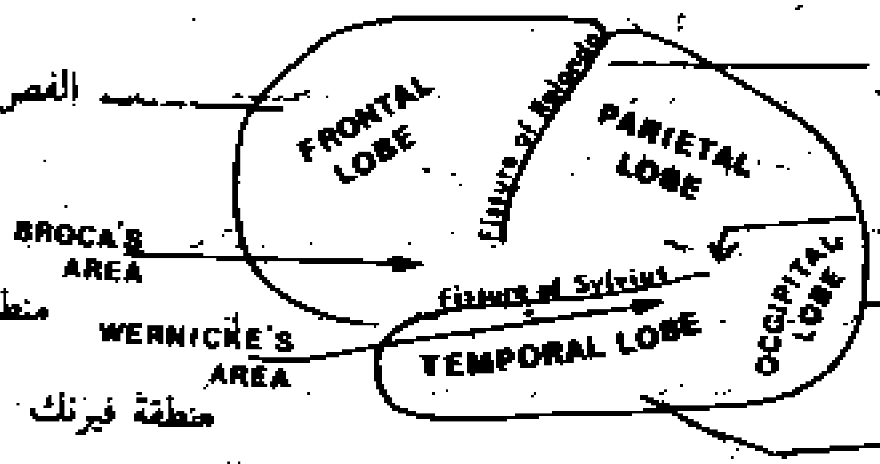
تحكم الجهاز العصبي المركزي بالكلام Central Nervous System Control of Speaking

على الرغم من أننا لم نزل بعيدين عن فهم الشبكات العصبية التي يمكن أن تتحكم بالكلام، لكننا حصلنا على معلومات كثيرة حول بعض مناطق الدماغ المحددة المتصلة بإصدار الكلام. من المعروف منذ زمن بعيد أنه عندما يصاب الدماغ برصاصة أو صدمة عنيفة، أو عندما يعاني المرء من سكتة مخية ـ ضرر يُلحق الأذى بخلايا الدماغ سببه انفجار وعاء دموي أو تخثر دموي (حادث دموي دماغي Cerbral Vascular accident) تحدث اضطرابات لغوية غالباً. يسمى القصور اللغوي «الحبسة» التي يمكن أن تتخذ أشكالاً عدة: قصور في صياغة ما يراد قوله، وقصور في الفهم، وفي النطق، وفي الكتابة، وفي القراءة، وفي تسمية الأشياء، أو في مركبات مضاعفة لهذا القصور أو ذاك وبدرجات متفاوتة في الحد.

ومعروف منذ زمن بعيد أيضاً أن نصف الدماغ الأيسر يتحكم بحركة نصف الجسم الأيمن وإحساسه، بينما يتحكم نصف الدماغ الأيمن بحركة نصف الجسم الأيسر وإحساسه. وبذلك فإن سكتة دماغية في نصف الدماغ الأيمن قد تسبب شللاً كاملاً أو جزئياً في نصف الجسم الأيسر، ويعتمد ذلك على موضع الضرر الدماغي ومداه.

لكنه إلى وقت قريب نسبياً حتى اكتشف جراح الأعصاب الباريسي وعالم الإنسان بول بروكا «Poul Broca» عام 1861، من خلال تشريح جثة إنسان كان يعاني

من حبسة، أن تلفيف الفص الأمامي الثالث من قسم الدماغ الأيسر هو المسيطر على إصدار الكلام. أنظر الشكل (4.9).



الشكل 4.9: منظر جانبي للقشرة الدماغية معلمة حسب تقسيماتها الكبرى. يُقسم وجه اللحاء الجانبي إلى أربعة فصوص. الأمامي، والجداري، والقذالي والصدغي. يفصل فطر رولوندو الفص الأمامي عن الفص الجداري؛ بينما يفصل فطر سلفيوس الفص الصدغي عنهما. كما تمت الإشارة إلى المناطق التي يعتقد بروكا وفيرنيك أنها متضمنة أو موجودة في إصدار الكلام وفهمه.

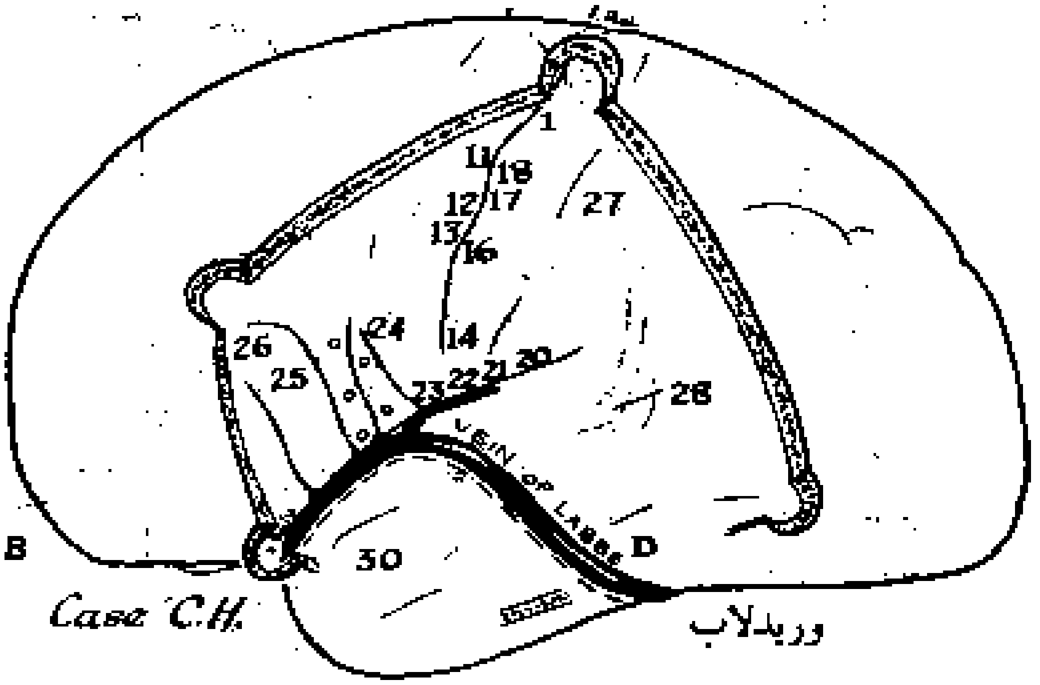
وليس بعد ذلك بكثير، كان ذلك عام 1874، حدد كارل فيرنيك «Carl Wernicke» أن فهم الكلام يقع في تلفيف الفص الصدغي الأول. وقد تراجع مثل هذا التحديد الدقيق في الوظيفة في الآونة الحديثة بحيث ينظر الآن إلى الدماغ على أنه مرن جداً في تحديد الوظيفة. لكنّ جرّاحي الأعصاب يوافقون، على أية حال، على أن نصف الدماغ الأيسر هو المسيطر والمتحكم في الكلام لدى كل الناس الذين يستخدمون يمنتهم، وعند معظم الذين يستخدمون يسراهم. وأن المنطقة الدماغية الحساسة في الكلام هي المنطقة الواقعة في منطقة الاتصال بين الفص الجداري والفص الصدغي. وعلى الرغم من أن الإسم الدقيق للموقع يعرف بمنطقة بروكا، التي يمكن إزالتها في بعض الحالات دون التأثير في الكلام، فإنّ إصدار النبضات العصبية الحركية اللازمة لتحويل العضلات المسؤولة عن الكلام يتضمن قسماً من الخلفية ـ الداخلية للصدغ الأمامي الأيسر.

لقد قام بروكا وفيرنك بتشريح بعض الجثث كي يطوّروا برهاناً على صحة نظيرتها. وقد تم تأكيد بعض أجزاء من نظيرتها حين قام جراح الأعصاب الكندي بنفيلد (Penfield) من مونتريال بتوضيح المناطق الهامة في الكلام في القشرة الدماغية على نحو دقيق ومفصّل، مستخدماً أسلوباً مختلفاً تماماً. فبينما كان يعالج الصرع بأساليب جراحية، قام بنفيلد ولامر روبرتس «Lamar Roberts»، وهو زميل بنفيلد وطالبه، بإثارة مناطق الدماغ المكشوفة عند أكثر من سبعين مريضاً من أجل رسم خريطة القشرة الدماغية قبل إجراء العمل الجراحي*. واستخدمت هذه الإثارات في تحديد المناطق التي تسمح بإحداث نوبات الصرع. وهكذا تعلم هذان الجراحان الشيء الكثير عن وظيفة الدماغ.

وبما أن الدماغ لا يحتوي على مستقبلات الألم، فإنه يمكنه نقل الإثارة الكهربائية من دون فقدان الحس العام. وبذلك يُسمح للمرضى أن يكونوا واعين تماماً، ومن ثم يمكنهم التكلم. وقد بُثّ تيار كهربائي صغير بوساطة سلك دقيق يلامس المناطق المكشوفة من خلايا قشرة الدماغ في عدة أماكن، واتخذت استجابة المريض أشكالاً متعددة) انقباضات عصبية في موقع ما، والإحساس بالوخز الخفيف في موقع آخر، ومن خلال النطق، ومن استعادة حوادث سمعية وبصرية ماضية أو بالغياب الكامل والمفاجىء للقدرة على التكلم. رُقمت أماكن الإستجابة من خلال إسقاط قصيصات صغيرة من الورق تحمل أرقاماً معينة على الموقع، وبعدها صوّر اللحاء المرقم. يظهر الشكل (4.19 A) صورة لمخطط القشرة الدماغية مع الإستجابة الإيجابية إلى كل إثارة مرقمة.

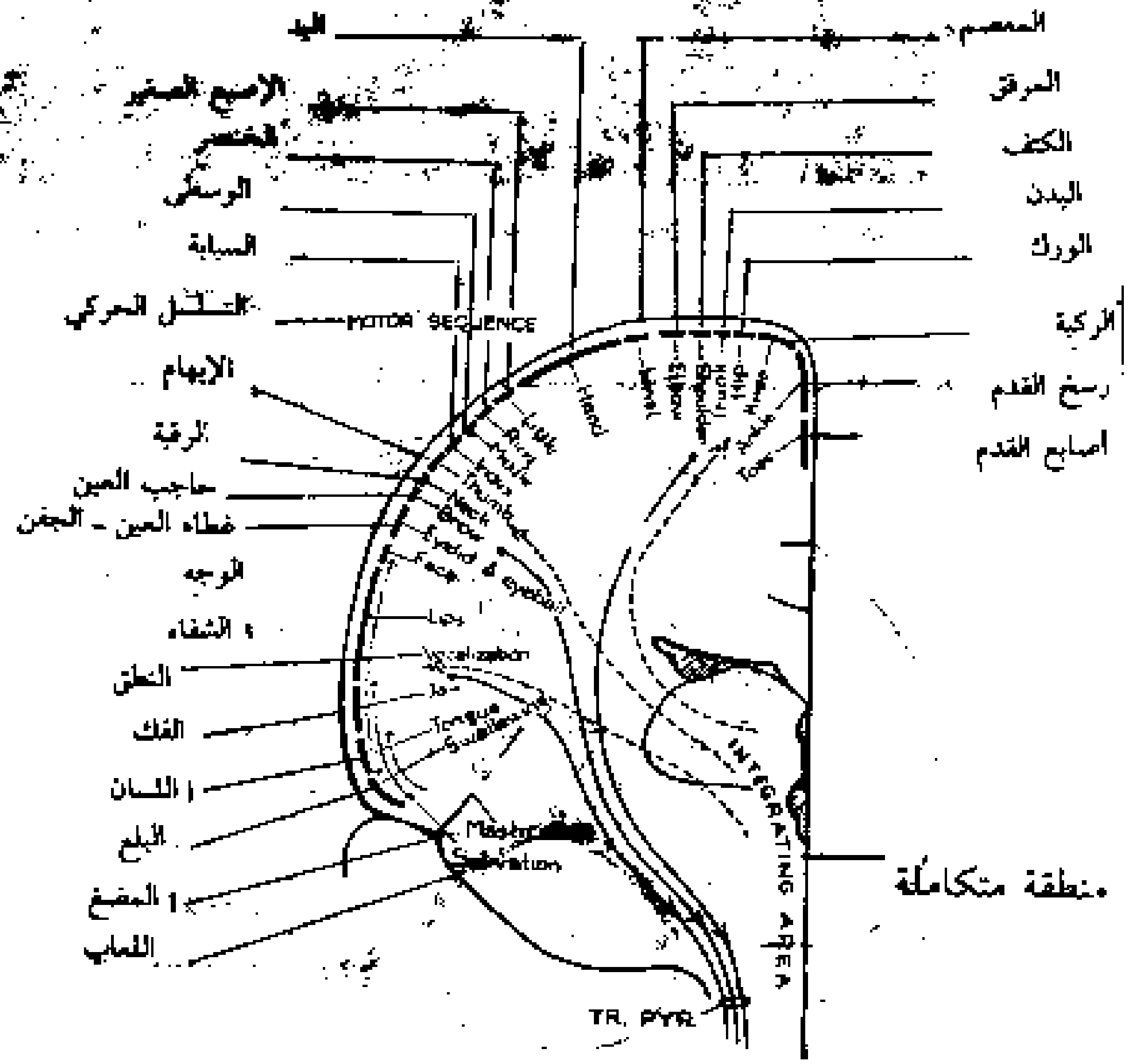
الشكل 4.10 A: صورة للسطح اليساري الدماغي من غلاف CH بعد تخطيط الكلام. تشير الأرقام إلى النقاط التي أثيرت.

ويدلّ الرسم البياني (4.10.B) على المنطقة وعلاقتها بجانب المخ الكامل.



الشكل (4.10.B): رسم بنفيلد لـ (Case.CH) مخطط قياسي. تم الحصول على الحبسة (عدم المقدرة على الكلام) بوضع الكترودات مثيرة في النقاط 26, 27 و 28. وتم الحصول على العُقْلة (Anarthsia) من خلال إثارة النقاط 23 و 24.

ومن خلال نظرة بسيطة سريعة إلى الشكل (4.9) أو (4.10.B) يمكن رؤية فطر رونالدو وهو يخلق شقاً أو انقباضاً عمودياً بين الفص الأمامي والفص الخلفي. وينتج عادة عن الإثارات المطبقة على يسار هذا الفطر، عندما تطبق على القسم الخلفي من الفص الأمامي، استجابات حركية: انقباضات عضلية وحركات. يشار إلى هذه المنطقة بـ «القطاع الحركي» على الرغم من وجود بعض الاستجابات الحسية فيها. أما إلى يمين فطر رونالدو هذا، فقد كانت كامل الإستجابات للإثارات المطبقة حسيّة تقريباً. وفي كلّ من قطاعي المخ الحسيّ والحركي، مثل الجسم مقلوباً رأساً على عقب كما هو موضح في المقطع العرضاني الحركي في النصف الأيمن. الشكل (4.11)

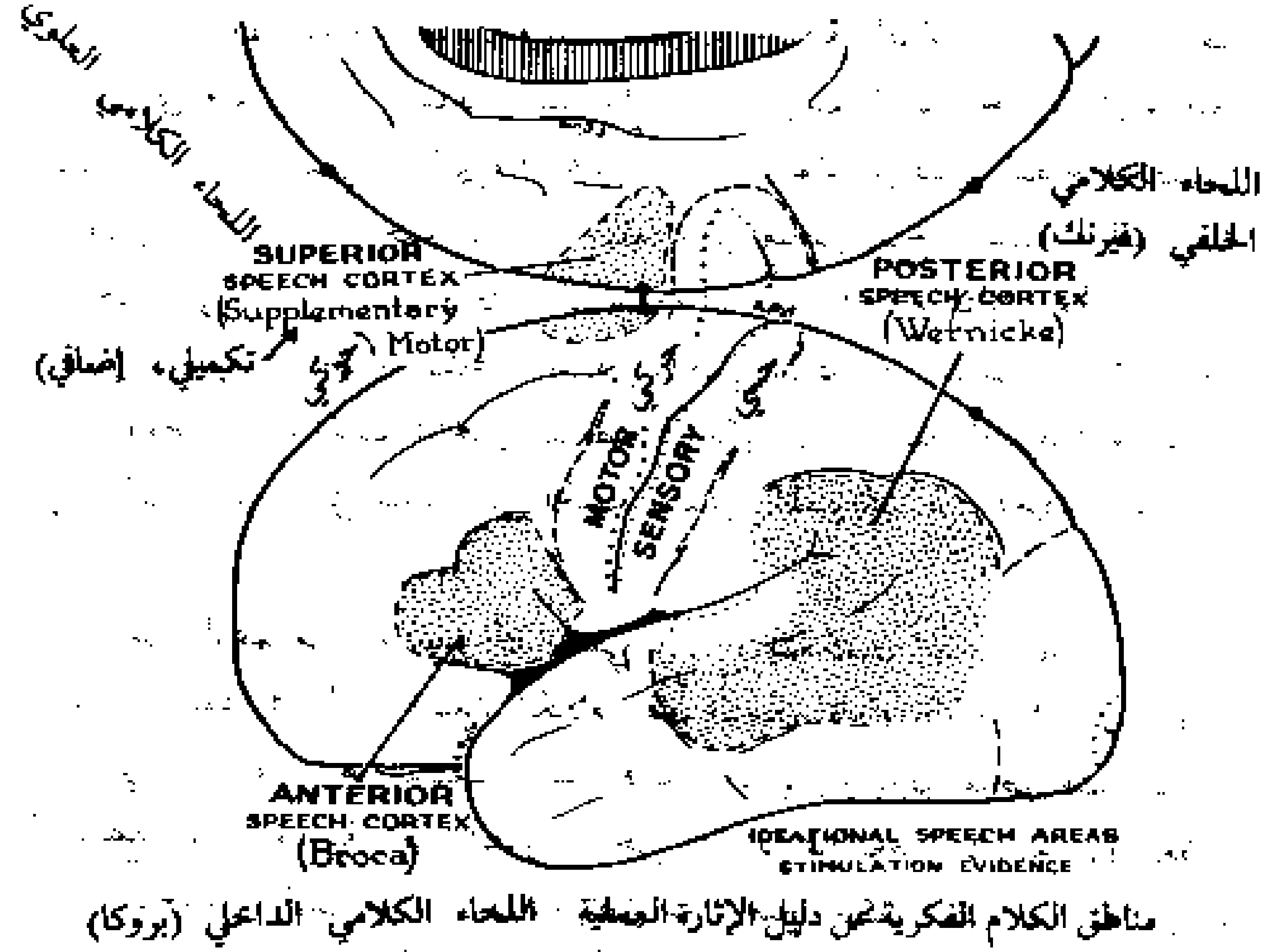


الشكل 4.11: منظر جانبي للدماغ معلم بالتقسيمات الرئيسية. يقسم وجه اللحاء الجانبي على الأربعة فصوص: الأمامي، والجداري، والصدغي والقذالي. يفصل فطر رونالدو الفص الأمامي عن الفص الجداري، بينما يفصل فطر سيلفيوس الفص الصدغي عنهما. كما وأشير إلى المناطق التي يعتقدها بوركا وفيرنك مؤثرة في إصدار الكلام.

لاحظ الطريقة التي مثلت فيها الاستجابة الحركية لأصابع القدم والأطراف السفلية في قمة القشرة الدماغية، بينما مثلت استجابات الرأس الحركية في سطح الفص الأمامي السفلي. والشيء المدهش هو مدى التمثيل في قشرة الدماغ المخصص للشفتين، واللسان، والحنك، وآلية البلعوم في مناطق المخ الحسية والحركية. وبالإضافة إلى اليدين، فإن الأجزاء المستخدمة في عملية الكلام تمتلك أعلى تمثيل من المادة السنجابية على طول القطاعين الحركي والحسي في كل من نصفي الدماغ. وكأن وظيفة معظم أجزاء الجسم الأخرى قد قصد أن تكون وسيلة لنقل المعلومات وإمدادها إلى الرأس واليدين التي تسيطر على الجسم وتستقبل المعلومات من المحيط المجاور.

على الرغم من أنه يبدو أن نصفي الدماغ يتحكمان ببعض المظاهر الحسية والحركية الدقيقة في آليات إصدار الكلام، فإن التحكم العام باللغة الشفوية المتقطمة يكمن في نصف واحد هو النصف الأيسر. فعندما أثار بنفيلد بعض مناطق قشرة الدماغ لم يستطع المرضى تسمية بعض الصور أو حتى الإجابة عن بعض الأسئلة. وفي بعض المواقع الأخرى، تكلم المريض، ولكنه بنطق غير واضح. وكان ممكناً، من خلال إثارة واحدة في منطقة الفص الجداري - الأمامي، الإفصاح عن تجربة سمعية بصرية متسلسلة الزمن. فقد أقرت إحدى المريضات إنها كانت في مطبخها، واستطاعت سماع أصوات البيئة المحيطة هناك خارج منزلها. لقد كان ذلك حدثاً يفوق أحداث الذاكرة. فقد عاشت المريضة وسمعت الحدث ثانية بينما كانت مدركة، في الوقت نفسه، أنها في مونتريال مع الدكتور بنفيلد. يمكن إجراء هذه التجارب، أحياناً مرات متكررة بإثارة متتالية. وأوقفت إثارة أخرى في منطقة الفص الجداري - الأمامي أيضاً تسمية بعض الصور على نحو مفاجيء. فعندما عرضت صور فراشة على المريض لم يستطع تذكر اسمها، وأضاف، عندما توقفت الإثارة، أنه عندما عجز عن تذكر اسم الفراشة، حاول تذكر كلمة «العثة» أو «البشارة» لكنه عجز عن تذكر ذلك أيضاً.

يلخص الشكل (4.12) المناطق التي وجد بنفيلد وروبرتس أنها مهمة في الكلام بناءً على دليل الإثارة العملية:



الشكل 4.12 : خريطة تلخص المناطق التي وجدها بنفيلد مهمة في الكلام في سطح نصف الدماغ الأيسر. يشير الرسم السفلي إلى السطح الجانبي، بينما يشير الرسم العلوي إلى استمرارية المناطق في السطح الدماغي الأوسط.

تتوافق منطقة الفص الأمامي الداخلي مع منطقة بروكا، ونتج عن معظم الإشارات هنا كلام غير واضح أو لكنه مؤقتة. أما المنطقة الخلفية فهي كبيرة؛ وتضم قسماً من الفص الصدغي، وامتداد المنطقة المعروفة بمنطقة فيرنك، وقسماً من الفص الجداري. ويعدّ بنفيلد هذا القسم الأهمّ في اللغة والكلام. فلم تسبب الإثارات في هذه المنطقة تذكر تجارب متتالية من الماضي، بل أوقفت مقدرة استخدام اللغة على نحو مفاجيء. فلم يستطع المريض، أحياناً، قول ما يودّ قوله أو فشل في فهم ما يقال له، ويشبه هذا الحبسة تماماً. وقد عدّت قشرة الدماغ العليا المتعلقة بالكلام أقل أهمية، لكنها

تكمّل عمل القطاع الحركي المتخصص بالكلام واللغة. ويجب ملاحظة أنه على الرغم من إمكانية الإشارة إلى ثلاث مناطق هامة، لكنّ وظيفة كل منطقة من هذه المناطق لم تكن مستقلة عن الأخرى تماماً كما توقع بنفيلد/ ورويرتس. لقد فسّرا تداخل الوظائف باتصالات تجري بين هذه المناطق تحت القشرة الدماغية، وكانا حريصين على ذكر أن إثارة كهربائية واحدة أثارت كافة الأنظمة والشبكات بما في ذلك خلايا عصبية بعيدة عن موقع المسرى الكهربائي المثير.

إن برهان بنفيلد ورويرتس غنيّ بمحتوياته حول تحكم الجهاز العصبي المركزي بالكلام، واللغة، وأحداث الذاكرة المتتالية، وحتى في الفكر. والجدير بالملاحظة والانتباه أنه تم الحصول على الاستجابات البسيطة في النطق وتحريك عضلات الكلام بوساطة تحريض ثنائي (نصف كرة المخ)، لكنه تم تحديد الاستجابات الأكثر تعقيداً كاستعادة بعض التجارب أو اللكنات المفاجئة في الكلام في أحد نصفي الدماغ، ولم ينتج عن أية إثارة كلمة محكية. ولم يحدث في أية مرحلة من مراحل الإثارة قول المريض لا إرادياً كلمةً مثل «كرسي» على سبيل المثال. يضم الكلام عملاً متزامناً في عدة أجزاء من الدماغ، ويبدو أنه على درجة عالية من التعقيد والتركيب لأنه يستنبط أو يستخرج من إثارة واحدة، على الرغم من إمكانية إيقافه.

وبعد معرفة أن أحد نصفي المخ هو المسيطر والمتحكم بالكلام، حاولت مجموعة مونتريال تطوير ما هو معروف بـ «اختبار وادا»، «Wada Test» للتأكد من القسم المسيطر في اللغة. وتعتمد القرارات الطبية حول مدى نجاح العملية على تقييم الأهمية النسبية لإزالة الورم، وتعطيل قدرة المريض الكلامية. يمكن للطبيب أن يزيل قسماً أكبر من الألياف من نصف الدماغ غير المتحكم بعملية الكلام.

وللحصول على هذه المعلومات تحقن كمية من أميتال الصوديوم في الشريان السباتي في أحد جانبي الرقبة مرة واحدة. وينقل الشريان السباتي الدم إلى الدماغ، وبذلك سينتج عن أميتال الصوديوم تأثير مؤقت على القسم الذي حقن. ويستعيد القسم المحقون وظيفته العادية بعد فترة وجيزة، ولذلك ليس هناك وقت للاختبار المطول الدقيق، فغالباً ما يستلقي المريض على طاولة وذراعاه ممدودتان باتجاه السقف، وركبتاه مثنيتان. إن تأثير الحقنة سريع ومفاجىء بحيث تنهار الساق والذراع المعاكس للقسم

الدماغي المحقون. يُطلب من المريض عدّ بعض الصور وتسميتها والإجابة عن بعض الأسئلة، وتتم إعادة الإجراء نفسه تماماً على الطرف الثاني. ويحدث عادة أن يكون تأثير ضرر حقنة أميتال الصوديوم في الكلام واللغة في أحد نصفي الدماغ أكثر منه في الآخر. واكتشفت برايندا ميلنر «Brenda Milner» من جامعة ماكجيل «MCGill» في مونتريال أن القسم المتحكم بالكلام واللغة هو نصف الدماغ الأيسر بنسبة 96% من المائة والأربعين الذين يستخدمون يمناهم وبنسبة 10% من المائة والإثنين والعشرين الذين يستخدمون يسراهم ممن أُخضع للتجربة. وعندما مثل الكلام على نحو ثنائي، كما كانت الحال، لدى عدة مرضى، كانت تسمية الأشياء أقوى في الجانب الأول، بينما كانت المقدرة على ترتيب كلمات هي الأقوى في الجانب الآخر.

إن الدليل الكامل على تحديد أيٍّ من نصفي المخ هو المسؤول عن إصدار الكلام، من تشريح الجثث عند بروكا وفيرنيك، أو من الإثارة الكهربائية في عمل بنفيلد وروبرتس أو اختبار أميتال الصوديوم عند وادا «Wada» ورازموسين «Rasmussen»، مأخوذ من نصفي المخ. يعدّ الكثير من جرّاحي الأعصاب المخّ مصدرَ الحركة الإرادية. وعلى نحو مماثل ينظر بنفيلد إلى قشرة اللحاء الحركية على أنها مجرد منصّة تصلها النبضات العصبية الحركية الصادرة عن جذع الدماغ الأعلى. وتنحدر من هذه المنطقة (قشرة الدماغ الحركية) النبضات إلى الأسفل باتجاه المجرى الهرمي وإلى العضلات في نهاية المطاف. يمكن أن ينتج عن أي ضررٍ في مستوى قشرة الدماغ، أو عدم قيامها بوظيفتها على نحو صحيح، شللٌ تشنجي. وغالباً ما يلاحظ هذا الشلل في ضحايا الشلل الدماغي حيث تنقبض العضلات لكنها لا ترتخي ثانية. وقد ينتج عن خللٍ في جذع الدماغ الأعلى إضافة غير متحكّم بها في حركة الأعمال الإرادية (الكَنَع) وتلك سمة عامة أخرى للشلل الدماغي، توجد أيضاً لدى مرضى ضعف النشاط العضلي، أو قساوة العضلات كما هو شائع في داء باركنسن (Parkinson Disease). لكنّ الضرر الكامل، أو عدم وصول الأكسجين، قد يسبب إعاقة عقلية تقلل من مستوى مقدرة اللغة، من بين الأشياء الأخرى، وذلك تبعاً لمستوى الضرر اللاحق بالدماغ. ويمكن للعديد من الاضطرابات المتعلقة بالجهاز العصبي المركزي أن تسبب قصوراً متنوعاً في التعلم: كعدم المقدرة على الإصغاء لشيء ما، أو مشكلات في القراءة، أو عجزٍ عن ربط المعنى بالنمط الصوتي الكلامي، واضطرابات مختلفة ومعقدة في اللغة، ومشكلات ليس في

اللغة فحسب، بل في الإتصال والعلائق الإنسانية على الجملة. وعندما يكون هناك عجز في التناسق ووحدة الحركة يمكن أن يكون الإضطراب في المخيخ.

يُعرف عن المخيخ، القابع خلف المخ وأسفله، منذ زمن بعيد، قيامه بتنسيق الزمن وتنظيم الحركات المعقدة الدقيقة. وقد قام جون اكليس «John Eccles» بدراسة المخيخ الذي كان محور اهتمامه، واقترح أنّ المخيخ معدّ لتنفيذ أعقد المهمات دقة على نحو ذاتي. ويعطي مثالاً «صيغة الأمر» الموجودة في الجملة الآتية «أكتب إسمك». فحسب وجهة نظر أكليس، يكون مصدر الأمر هو المخ، بينما يقوم المخيخ ذاتياً بالتحكم في الزمن، والشدة وتفاعل وفرة الأوامر العضلية من المخ. تنقبض العضلات وترتخي في نمط محدد منتظم دون حاجة إلى التحكم الإرادي في كل جزء من التوقيع على سبيل المثال. تتجه النبضات الحركية القادمة من المخ آنياً إلى الفص المعاكس في المخيخ. ويقوم المخيخ في زمن لا يتجاوز مدة مئات من الثانية/1 بتوجيه التدفق المعقد للنبضات القادمة من قشرة الدماغ الحركية، ويستمر في فعل ذلك باستمرار العمل. يتلقى المخيخ معلومات عن المكان والحركة من العضلات والمفاصل، وله العديد من الاتصالات مع الحبل الشوكي بالإضافة إلى المخ. وبينما يرى بنفيلد أن أمر الكتابة أو الكلام أصله جذع الدماغ الأعلى وليس المخ كما هي الحال في رأي أكليس، فإنّ جرّاحي الأعصاب يتفقون على أن المخ، والمخيخ، والعقد القاعدية تتفاعل وتتصل في أي نشاط إرادي دقيق كالتكلم على الرغم من أن طبيعة هذه الاتصالات لمّا تفهم أو تتوضح بعد.

السبونريه*: دليل التخطيط القبليّ Spoonerisms Evidence for Preplanning

وليام. أ. سبونر «Willian A.Spooner» كاهن إنجليزي وعميد نيوكوليج في اكسفورد في بداية هذا القرن، وهو مشهور بكلامه المقلوب الضاحك أكثر منه بمحاضراته، فعوضاً عن قول: «you have missed my history lectures» سيقول سبونر: «you have hissed my mystery lectures»، وذلك تبديل يعرف الآن

* السبونرية: تبديل مواقع الحروف الأولى في كلمتين أو أكثر.

بـ «السبونريه». وينقل عنه قوله: «Work is the curse of drinking class»[1] إنّ تبديل مواقع الكلمات، وتبديل مواقع الفونيمات، يشيران إلى أن المتكلمين يحتفظون بعبارة كاملة جاهزة للكلام في إحدى مراحل الاستعداد للتكلم، وإلا فلن يحدث نقل كلمة أو صوت من نهاية العبارة المقصودة إلى البداية. تكشف أخطاء الكلام، وهناك أنواع أخرى من الأخطاء بالإضافة إلى السبونرية، عن شيء ما حول إصدار الكلام. ويذكر الجدول (4.1) أمثلة عن أخطاء كلامية صوتية جمعتها فكتوريا فرومكن «Victoria Fromkin» من جامعة (USLA) جامعة كالفورنيا في لوس أنجلس.

Table 4.1 (أخطاء قطعية في الكلام)
Segmental Errors in Speech*

	Errors	Examples	
أخطاء في الصوامت	Consonant errors		
تأثير توقعي	Anticipation	A reading list	A leading list
		It's a real mystery	It's a meal mystery
تأثر حفظي	Perseveration	Pulled a tantrum	Pulled a pantrum
		At the beginning of the turn	At the beginning of the burn
القلب (السبونرية)	Reversals (Spoonerisms)	Left hemisphere	Heft lemisphere
		A two-pen set	A two-sen pet
أخطاء في الصوائت	Vowel errors		
القلب	Reversals	Feet moving	Fute meeving
		Fill the pool	Fool the pill
أخطاء أخرى	Other errors		
الإضافة	Addition	The optimal number	The moptimal number
التحرك	Movement	Ice cream	Kisa ream
الحذف	Deletion	Chrysanthemum plants	Chrysanthemum p ants
تجمع صامتي منشطر أو متحرك	Consonant clusters split or moved	Speech production	Peach seduction
		Damage claim	Clammage dame

الجدول (4.1): يمكن للأخطاء القطعية أن تحتوي على الصوامت والصوائت أيضاً. وقد أظهرت بعض أنواع التبديل النموذجية. تبرهن مثل هذه الأخطاء على أن القطع الصوتية المنفصلة التي افترضتها النظرية اللغوية موجودة في قوانين المتكلم القواعدية.

---

(١) بدلاً من: Drinking is the curse of working class

لاحظ أنه لم يتم التبديل بين الصوائت والصوامت البتة، وكذلك فإن الأخطاء متماشية تماماً ودائماً مع قواعد اللغة الإنجليزية. وفنجد «moptimal» بدلاً من «optimal» لكننا لا نجدها البتة على شكل «ngoptimal» لأن (ŋ) لا تبدأ المقطع مطلقاً في الإنجليزية. وتحدث معظم الأخطاء في المقطع الأول، وغالباً في الصوت الأول من كلمة. وما هو مثير أيضاً وجدير بالملاحظة أن أنماط النغمة والنبر في العبارة والجملة تبقى ثابتة بغض النظر عن التغيير الحاصل في مواقع الكلمات أو الأصوات. ففي مثال فورمكن «Segmour sliced the knife with the slami» نجد أن ارتفاع درجة النغمة والشدة المتزايدة التي يجب أن تقع على «knife» في الجملة المعنية قد وقعت الآن فوق «slami»، تلمح هذه الأخطاء إلى آليات عصبية عضلية في إصدار الكلام في مراحل التخطيط قبل بث النبضات الحركية إلى العضلات. ومن الواضح الآن أن المتكلمين لا يأمرون ويتكلمون جملة كل كلمة على حدة، دعنا نناقش الآن كيف يمكن تحويل عبارة محتفظ بها في حالة استعداد للإصدار إلى شكل سماعي، وبعد ذلك، وبدقة أكثر، ندرس الآليات الفيزيولوجية التي تعدّ لذلك.

التنفس Respiration

تحوير التيار الهوائي من أجل الأصوات الكلامية

Modification of Airstream for speech sound.

بغض النظر عن الأشكال التي يمكن لمراحل تخطيط الكلام أن تتخذها، لا بدّ من أن يأتي الوقت لإصدار الكلام. وإذا ركزنا اهتمامنا الآن على هذا النشاط الممكن دراسته على نحو مفصل نسبياً، فدعنا نناقش أولاً المهمة الأساسية العامة التي تواجه المتكلم. فكلّ الأصوات الإنجليزية نتيجة تحوير للهواء القادم من الرئتين. حيث يجب على المتكلم أن يصنع تياراً خارجاً من الرئتين كي يحوره، ويتقدم بعد ذلك في تحويره أيضاً بأشكال متعددة، بحيث يصبح مسموعاً من جانب المتلقي.

وعلى الرغم من ذكاء الإنسان الذي يمكّنه من تفصيل مختلف الأصوات التي يصدرها لأنظمة الكلام المختلفة المستخدمة في العديد من لغات العالم، فمن الواضح تماماً أن هناك قيوداً تفرضها آليات الكلام. فالمتكلم لا يملك سوى عدة أجزاء متحركة كي يصدر بوساطتها الكلام، وهي: الحبال الصوتية، واللسان، والفك، والشفتان،

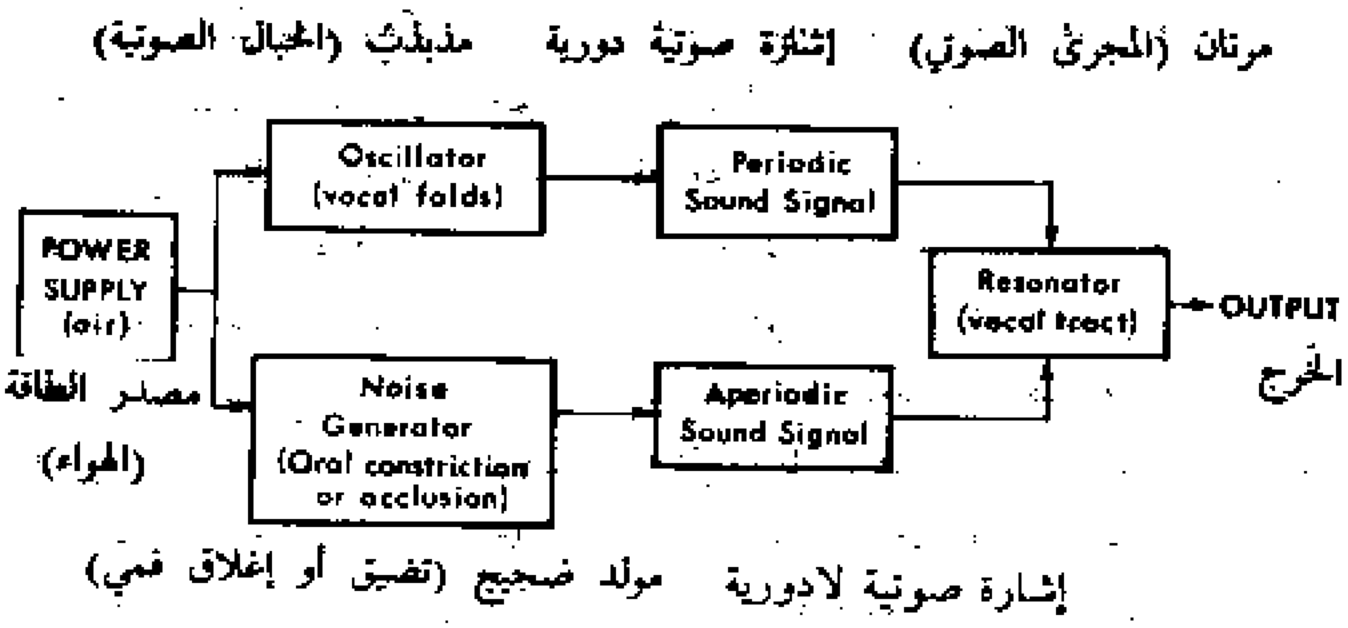
والحنك الرخو، وهناك عددٌ من التجاويف أيضاً يستخدمها مرنانات: الفم، والبلعوم، والتجاويف الأنفية التي تشكل التجاويف الأساسية. ومع ذلك فإن متكلمي العالم يستخدمون الفونيمات (عائلات من أصوات تشير إلى اختلافات في المعنى) وهي أصوات وفيرة ملفوظة يصدرها المتكلمون عندما يهزو حبالهم الصوتية، ويحدثون تنوعاً كبيراً من أشكال المجرى الصوتي كي يستخدموها مرنانات لإنتاج عدد كبير من الضجيج، والهسهسة، والطقطقة، والدمدمة، والنخير وبعض الانفجارات الهوائية الصغيرة. وهناك عدد قليل من الأصوات يصدر أثناء الشهيق، وفي بعض اللغات، يتم التمييز بين الأصوات المتشابهة تماماً بتغيير في طبقة الصوت النسبية.

وهناك حوالي أربعين فونيما في الإنجليزية، وهي موجودة في الملحق رقم - 1 -. وقد أوجدت هذه الفونيمات جميعاً من خلال جعل الهواء الزفيري مسموعاً. والأسلوبان الرئيسان اللذان استخدما في جعل الهواء مسموعاً هما: هزّ الحبال الصوتية (الصوت)، وإحداث ضجيج يسمع بوصفه أصواتاً صامتة. أما الصوت فهو إحداث موجة صوتية دورية من خلال الفتح والإغلاق السريعين للحبال الصوتية. من ثمّ يقطّع (يقسّم) الهواء الخارج من الرئتين إلى نفثات هوائية صغيرة مسموعة. بينما تحدث الأصوات الصامتة من خلال وضع أجزاء من آلية الكلام على نحو تحدث فيه موجات صوتية غير دورية في المجرى الصوتي، غالباً في الفم أو التجويف الفمي، وترن الأصوات الدورية واللادورية جميعاً في المجرى الصوتي.

الفظ (آه)، وهذا مثال عن صوت صائت. فكل الأصوات الصائتة في الإنجليزية توجد من خلال اهتزازات في الحبال الصوتية، حيث تحدث اهتزازاتُ الحبال الصوتية مصدر الصوت الذي يستمد خصائصه من مثل كـ «آه»، مقابل «ي الصائت أيضاً» من خلال الرنين السمعي الذي نحصل عليه في هذه الحالة من خلال فجوة فمية كبيرة وفجوة بلعومية صغيرة نسبياً. جرب الآن «ش» و «ك». يمثّل هذان الصوتان نوعين مختلفين من الأصوات الصامتة. حيث أنّ مصدر هذين الصوتين ليس الحبال الصوتية بل الفجوة الفمية. يصدر (ش) من خلال إخراج التيار الهوائي من فتحة ضيقة للغاية. أما في (ك)، فيحجز الهواء تماماً حيث يمكن إطلاقه على نحو مفاجيء منتجاً بذلك دفقة مؤقتة عابرة من الصوت.

وأخيراً يمكن الجمع بين هذين الأسلوبين في الأصوات الكلامية، مما هو في واقع الأمر تركيب من الصوت الدوري والصوت اللادوري. حاول أن تطوّل (س) واستمر في الضجيج، ولكن أبدأ بهز الحبال الصوتية في الوقت نفسه، سوف تحصل على صوت كلامي آخر وهو (ز) مضيفاً بذلك تغيراً آخر في تيار الهواء الخارج.

يمكن النظر إلى آليات إصدار الكلام بوصفها مشابهة لجهاز موسيقى خاص ذي مرنان متحول قادر على إصدار الكلام. يعتمد في إحدى اللحظات على هزّاز وفي اللحظة اللاحقة أو الأخرى على الاضطراب (صوت مضطرب). يغذي تيار الهواء القادم من الرئتين النظام بتمامه. يمثل الشكل (4.13) مخططاً للعملية.



الشكل 4.13: مخطط بياني لعملية إصدار الكلام. تحول القدرة الهوائية إلى إشارة سمعية دورية أو لادورية تحوّل هي نفسها في المجرى الصوتي.

تنفس الضغط السلبي Negative Pressure Breathing

في التحضير لطرد كمية من الهواء من الرئتين لإصدار الأصوات الكلامية، لا بد من استنشاق كمية كافية منه في البداية. وفي الأحوال العادية يدخل الهواء إلى الرئتين بالطريقة نفسها التي يدخل فيها الهواء إلى «الأكورديون» أو المنفاخ. اضغط أزرار «الأكورديون» على قدر ما تستطيع، فلن يخرج أي صوت حتى توسّع الفجوة أولاً من خلال تمديدها. إن توسيع حجم الهواء داخل «الأكورديون» سيقلل ضغط الهواء داخل الفجوة مقارنة مع ضغط الهواء في المحيط الخارجي، ومن ثم فإن جسيمات الهواء التي شغلت داخل (محتوى) الأكورديون في حالته الهابطة تمتلك الآن مكاناً أوسع في حجم الأكورديون الموسّع، وهكذا فإن ضغط الهواء سوف يهبط لعدة لحظات قانون بويل: (هناك تناسب عكسي بين حجم الهواء وضغطه). لا تستمر هذه الحالة من الضغط المنخفض داخل الأكورديون مقارنة بالضغط الجوي الخارجي بسبب وجود مدخل لدخول الهواء المحيط في الأكورديون. إن الضغوط الهوائية غير المتعادلة ستتعادل دائماً متى سنحت الفرصة، حيث تنتقل الجزئيات الهوائية من المناطق الأكثر كثافة إلى المناطق الأقل كثافة. وبما أن حجم الهواء داخل الأكورديون ذو ضغط منخفض مقارنة مع الهواء الخارجي، فإن الهواء المحيط سوف يندفع إلى داخل الأكورديون للمحافظة على التعادل في حجم التجويف الموسّع داخل الأكورديون. وبهذه الطريقة يرتفع ضغط الهواء على نحو كاف داخل الأكورديون مما يمكن الموسيقي من عزف قطعة موسيقية قبل أن يحتاج إلى مزيد من الهواء. يعزف الموسيقي على الأكورديون من خلال ضغطه، ومن ثم يقلل حجم هوائه ويزيد ضغطه الداخلي.

وعلى نحو مشابه يُوسّع المنفاخ المستخدم في إشعال النار يدوياً. حيث سيحدث ضغط منخفض (بالمقارنة مع ضغط الهواء المحيط) سرعان ما يتعادل من خلال دخول الهواء الخارجي إلى داخل المنفاخ. وعندما يتساوى الضغطان داخل المنفاخ وخارجه، نقوم بضغط المنفاخ مما يسبب اختلال التوازن ودفع الهواء باتجاه النار (قانون بويل مرة أخرى: كلما قلّ الحجم ازداد الضغط). يوضح الشكل (4.14) العلاقة بين الضغط والحجم.

الشكل 4.14: العلاقة بين الضغط والحجم في الأكورديون. فعندما يوسّع العازف الأكورديون يهبط الضغط، يدخل الهواء بعد ذلك عبر مدخل صمامي كي يعادل الضغط.

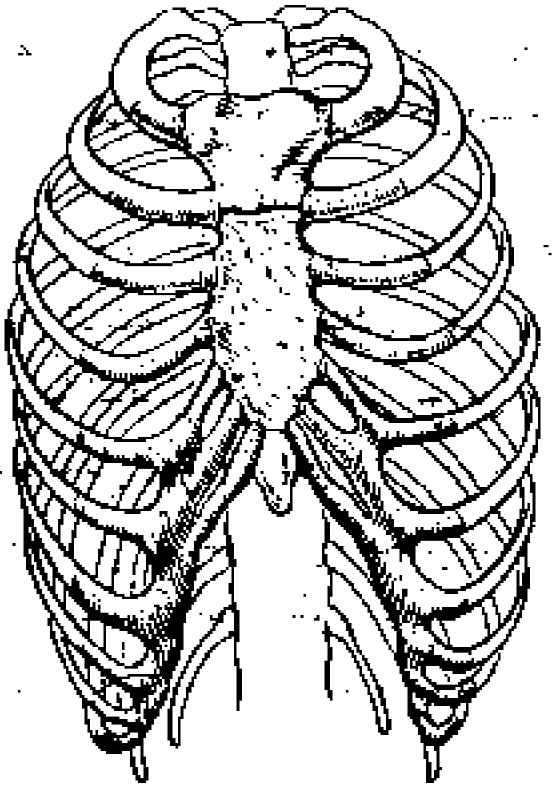
وتشبه هذه الأمثلة حول العلاقة القائمة بين الضغط والحجم في الهواء تنفس الإنسان. فغالباً ما يتخيل الناس الرئتين بالونين يمتلئان بالهواء عندما نستنشق الهواء. وهذه ليست الطريقة التي يعمل بها التنفس الآلي على الرغم من استخدام الضفادع لهذا الأسلوب وكذلك التنفس الاصطناعي (فم إلى فم). لا تتوسع الرئتان والصدر بسبب الشهيق، ولا تتقلص بسبب الزفير، بل إن الحال على العكس من ذلك تماماً، حيث إننا نوسّع صدورنا والرئتين، ومن ثم نسبب دخول الهواء كي يتم تبادل الضغط السلبي أو الفراغ الجزئي الموجود في الرئتين. إننا نغيّر الضغط (الهوائي) من خلال تغير حجم الهواء.

وهكذا يُجلب الهواء إلى الرئتين بوساطة الحنجرة، والقصبة الهوائية، والقصبات الغضبية، حيث تتفرع الممرات الهوائية على نحو متزايد حتى تصل إلى الجيوب الهوائية

الصغيرة التي تؤلف معظم الرئتين. وهناك يتم التبادل بين الأكسجين وأكسيد الكاربون في الدم، وذلك تبادل ضروري للبقاء.

آلية التنفس The Respiratory Mechanism

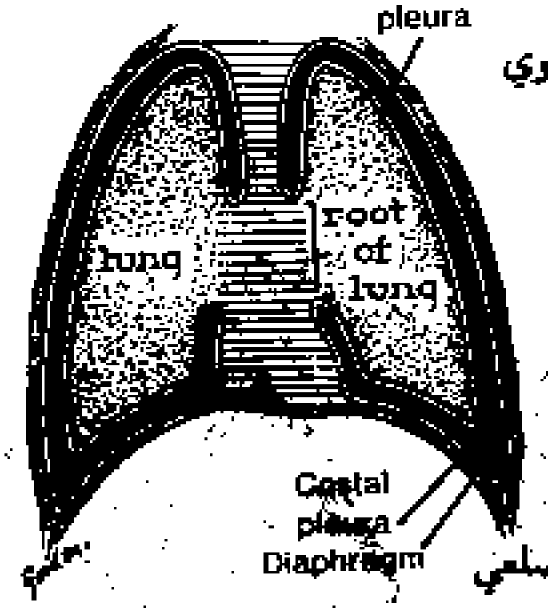
يشار إلى زيادة في أكسيد الكربون وحاجة إلى الأكسجين على نحو آلي في النخاع المستطيل، وهو مكان المنعكس المسؤول عن التنفس في الجهاز العصبي. ويقوم النخاع المستطيل نفسه بإرسال نبضات عصبية من الدماغ والحبل الشوكي إلى عضلات مختلفة من الصدر. يرتبط الصدر، كما هو موضح في الشكل (4.15)، بفقرات العمود الفقري من الخلف وعظم القص من الأمام. وتكتمل الأسطوانة بـ إثني عشر زوجاً من الأضلاع التي تشكل إطاراً عظمياً من الأمام ممتدة إلى فقرات العمود الفقري في الخلف. وتتألف الأضلاع من مادة عظمية ماعدا الجزء المتصل بعظم القص يتشكل من مادة غضروفية. وتقسم الأضلاع الدنيا المتاصل الغضروفية مع عظم القص؛ ولا يتصل أدنى ضلعين إلا بالعمود الفقري من الخلف.



الشكل 4.15: القفص الصدري.

يشكّل الحجاب الحاجز، وهو عضلة ممتدة مقوسة، قاعدة هذه الفجوة البرميلية الشكل (الصدر)، ويؤلف أيضاً سقف الفجوة البطنية. وتستقر الرئتان على الحجاب

الحاجز. وبما أنها اسفنجيتان ومؤلفتان من خلايا هوائية مرنة تنقصها العضلات، فإنهما تستطيعان تغيير شكليهما وفقاً للوعاء الذي يحتويها. فعندما يهبط الحجاب الحاجز أو يصعد فإنهما تنطلقان في الرحلة، وكذا الحال عندما يتوسع القفص الصدري أو يتقلص من خلال الرفع والضغط، حيث تتوسع الرئتان وتتقلصان بسبب وصلة مع الأضلاع. يبطّن القفص الصدري غشاء يسمى بغشاء «الجُنب». ويغطي الرئتين غشاء آخر يسمى بالغشاء الرئوي. يتصل هذان الغشاءان أحدهما بالآخر، ويمكنهما، في الوقت نفسه، الإنزلاق أحدهما عبر الآخر من دون أن يحدثا أي احتكاك لوجود سائل لزج بينهما. (وعلى نحو مشابه يمكن لسائل قابع بين صفيحتين رقيقتين زجاجيتين أن يمكّنهما من الإنزلاق أحدهما على الآخر، بينما يقوم سطح السائل المشدود بشد صفحتي الزجاج إحداهما إلى الأخرى). يمكّن الاتصال الغشائيُّ بين الرئتين والأضلاع الرئتين من الاتساع والإنقباض وفقاً لتغير حجم القفص الصدري (أنظر الشكل 4.16). ويساعد الإتصال الغشائي على إبقاء الرئتين ممتدتين والأضلاع مضغوطة حتى من دون أية حركة.

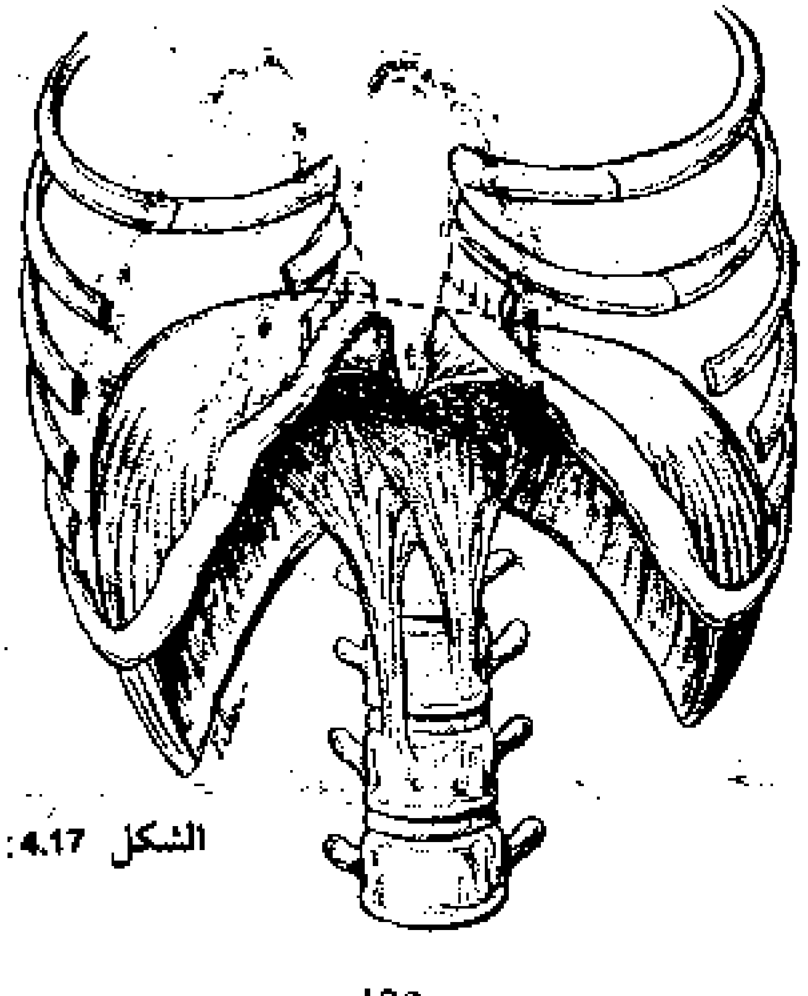


الشكل 4.16: مقطع بياني تاجي للقفص الصدري يظهر غشاء الجُنب والغشاء الرئوي.

Inspiration الشهيق

Quiet الشهيق الهادىء

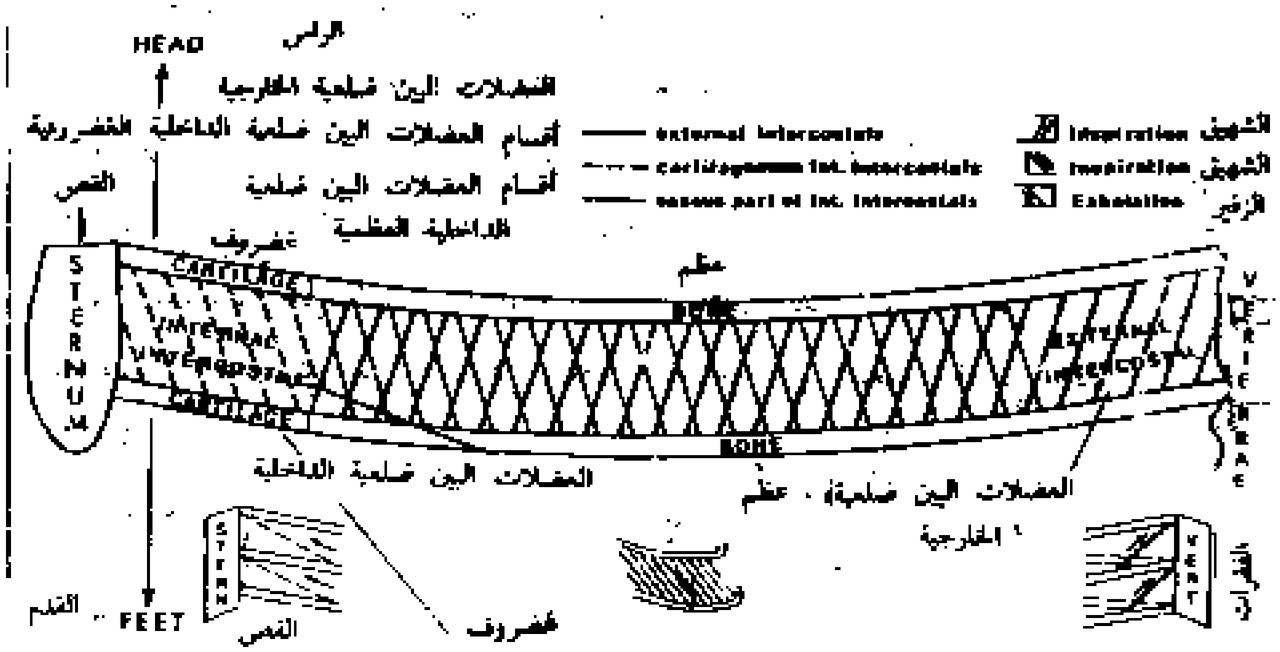
يرسل النخاع المستطيل نبضات عصبية ذاتياً في الشهيق الهادىء عن طريق الحبل الشوكي إلى العضلات المتخصصة بين عضلات القفص الصدري؛ حيث تخرج عدة أعصاب من الحبل الشوكي على مستوى الرقبة (أعصاب عنق الرقبة) وتتحد مشكّلة عصبة عصبية تسمى بـ (العصب الحجازي). ويزود العصب الحجابي الحجاب الحاجز وصيفحة الخيوط العضلية التي تعزل القفص الصدري عن التجاويف البطنية بالأعصاب. وعندما تكون الإثارة العصبية كافية لتقليص الحجاب الحاجز، تقصر الخيوط العضلية ساحبة معها قسم الحجاب الوسطي نحو الأسفل والأطراف المتصلة بالأضلاع السفلية. ويسبب ذلك هبوط الحجاب الحاجز وانبساطه إلى حد ما. وبما أن الحجاب الحاجز يشكّل أرض التجويف الصدري، فإن حجم القفص الصدري سوف يكبر عمودياً عندما تسحب قاعه نحو الأسفل. أنظر الشكل (4.17).



الشكل 4.17: الحجاب الحاجز منظر داخلي.

يمكن للمرء أحياناً الإحساس بنتوء البطن نحو الأعلى أثناء الشهيق بسبب ضغط الحجاب الحاجز السفلي على محتويات التجويف البطني.

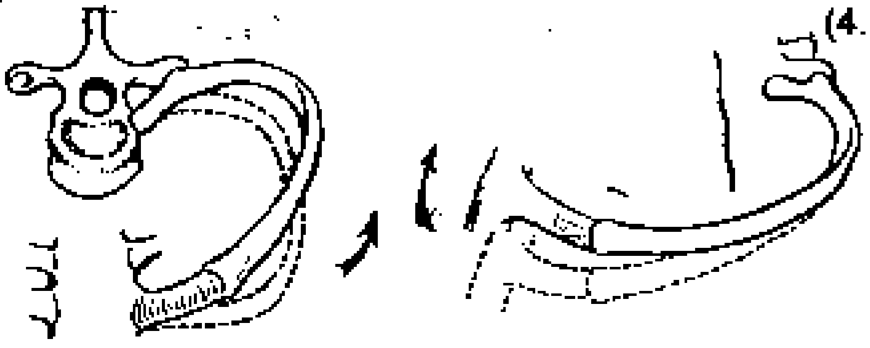
وفي الوقت الذي يهبط فيه الحجاب الحاجز، تُرسل النبضات العصبية بوساطة الأعصاب الخارجة عن الحبل الشوكي على مستوى الصدر (عضلات ما بين الأضلاع). وهناك أثنا عشر ضلعاً في كل طرف من طرفي الصدر، حيث يسمح لأحد عشر زوجاً الإتصال فيما بينها بوساطة العضلات بين الضلعية. وأكثر من ذلك، هناك طبقتان من العضلات بين الضلعية. الأولى سطحية بالنسبة إلى الأخرى. تصل العضلات بين الضلعية الخارجية القسم العظمي من الأضلاع، ولكنها لا تصل الأقسام الغضروفية القريبة من عظم القص. وتكون هذه العضلات سطحية بالنسبة إلى العضلات بين الضلعية الداخلية التي تصل الأقسام الغضروفية وعظم القص ابتداءً من الأمام، ولكنها لا تصل الأضلاع الملتصقة بالفقرات. أنظر الشكل (4.18).



الشكل 4.18: تمثيل تخيُّلي لوظائف العضلات البين ضلعية الداخلية والخارجية كما تقترح فردريكا بيل برتي (Fredricka Bell - Berti). أنظر إلى النص لمزيد من الشرح.

وتتعاكس العضلات البين ضلعية الداخلية الاتجاه مع العضلات البين ضلعية الخارجية بالنسبة لوجهة الخيوط العضلية، حيث تتجدد الخيوط الخارجية على نحو مائل من الفقرات نحو الأسفل والخارج وهي ممتدة باتجاه عظم القص. بينما تتجه الخيوط الداخلية على نحو مائل في الاتجاه المعاكس، حيث تبدأ من عظم القص إلى الأسفل والخارج وهي ممتدة باتجاه الفقرات. يمكنك رسم مخطط بياني للعضلات البين ضلعية الداخلية والخارجية على ورقة مناسبة الحجم كما هو موضح في الشكل (4.18) وتلفها بعد ذلك حول قفصك الصدري.

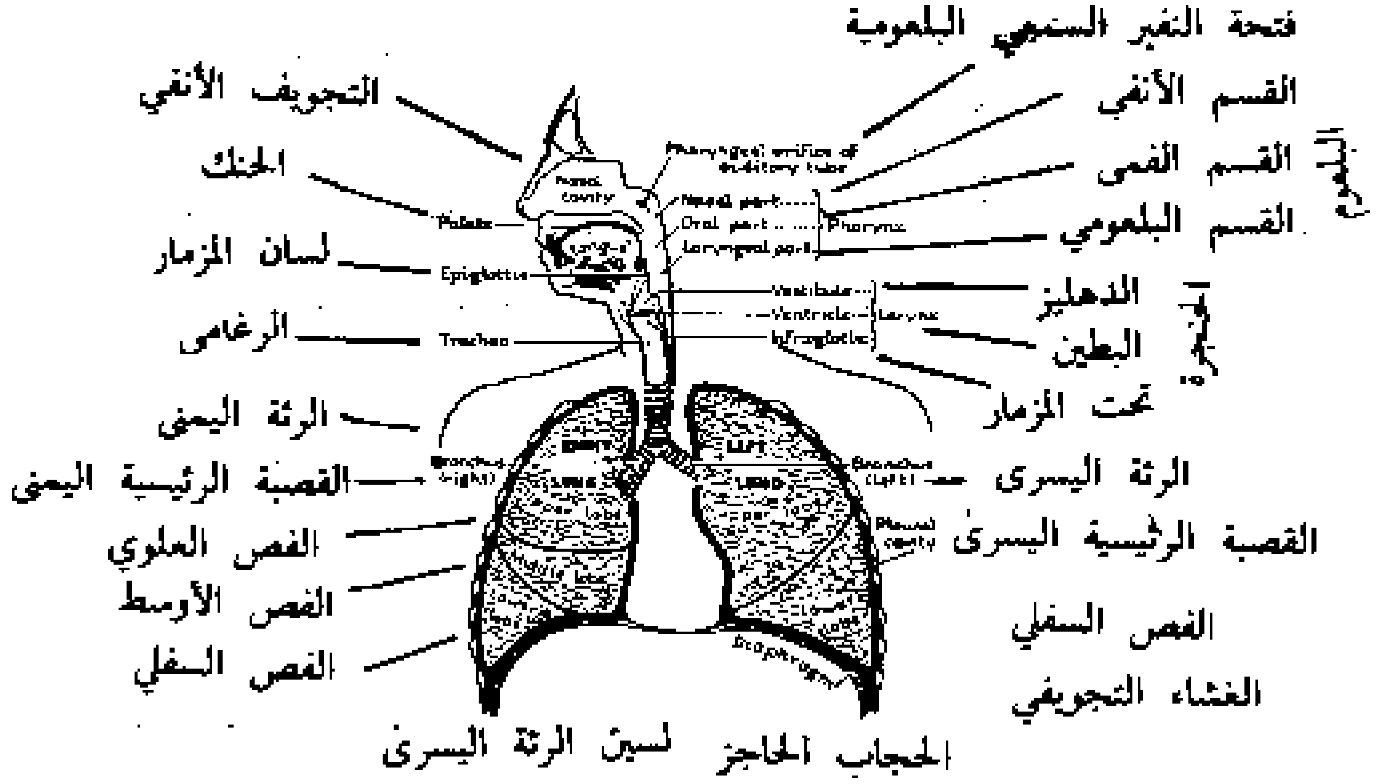
وأثناء الشهيق تنقبض العضلات البين ضلعية الخارجية والقسم الواقع بين الأقسام الغضروفية من الأضلاع من العضلات البين ضلعية كي ترفع الأضلاع. لاحظ من الرسم البياني العضلي الذي لففته حول قفصك الصدري أن الفقرات تعمل نقطة ارتكاز بالنسبة إلى العضلات البين ضلعية الخارجية التي تزودنا بآلية رافعة حيث يكون التأثير الأساسي، عندما تنقبض العضلات وتقتصر، هو رفع الضلع الأسفل. ويمكن تصور التأثير نفسه في الأمام، حيث تصل العضلات البين ضلعية الداخلية الأقسام الغضروفية الداخلية للأضلاع، وتتجه الخيوط العضلية إلى الأسفل بعيداً عن عظم القص داعمةً القسم العلوي من كل عضلة، موجدةً، مرة أخرى، الرافعة الضرورية لرفع الضلع الأسفل. ويساعد في هذا العمل حركة الغضاريف اللولبية أيضاً. نجد أنه يتم رفع الأضلاع من خلال الجهود المكثفة للعضلات البين ضلعية الداخلية وأقسامها الغضروفية، وبمساعدة حركة دورانية صغيرة من الغضاريف. وينتج عن هذه الأعمال اتساع التجويف الصدري من الداخل نحو الخارج وفي البعد الجانبي أيضاً. أنظر الشكل (4.19)



الشكل 4.19: حركة الأضلاع في الشهيق، يسبب الشهيق رفع الأضلاع مما يؤدي إلى زيادة بعد الصدر العرضاني، ويسبب رفع مقدمة الضلع من ثم يزيد البعد من الأمام نحو الخلف.

وعندما يزداد الحجم داخل الصدر بازدياد مناظرٍ في حجم الرئتين يحققه الاتصال الجنبي، يتناقص ضغط الهواء داخل الرئتين مقارنةً مع ضغط الهواء المحيط في الخارج. وابتغاء المحافظة على تعادل الضغط، يتحرك الهواء من الخارج إلى المنطقة الأقل كثافة أو ضغطاً أي: الرئتين.

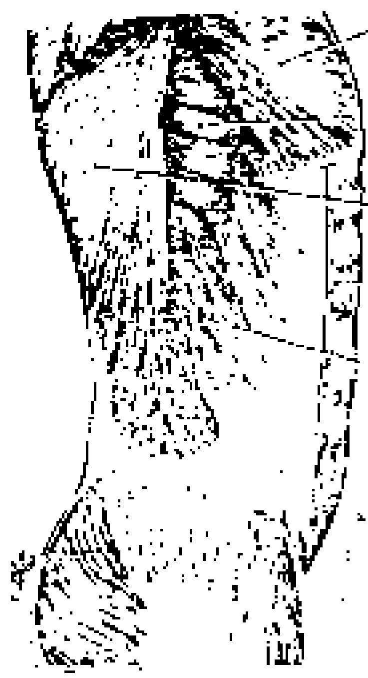
إنّ وظيفة الممرات الهوائية العليا أن تكون بمثابة مجرىً للهواء. أنظر الشكل (4.20). يدخل الهواء عادة التجاويف الأنفية، حيث يرطب ويصفىٰ ويمرّ كما وصفنا قبل بالحنجرة إلى الرغامى وبعدها إلى أنابيب أكثر تشعباً (القصبات القصبية) حتى يصل في نهاية المطاف إلى التقسيمات والتفرعات الكثيفة والغزيرة، منهياً رحلته بأكياس الرئتين النخروبية. وتنفس الفم ممكن أيضاً لكنه يسبب تجفيف البلعوم.



الشكل 4.20: ممرات الجهاز التنفسي الهوائية.

For speech أثناء الكلام

يختلف الشهيق أثناء الكلام عن الشهيق العادي في ثلاثة وجوه. فلو عرف المتكلم أنه سيحتاج إلى قوة أكبر من أجل إصدار صوت مرتفع أو لفظ طويل فإن الشهيق، في تلك الحال، يجب أن يكون أكبر في حجمه. يمكن زيادة اتساع الحجاب الحاجز والعضلات البين الضلعية الداخلية بوساطة العديد من العضلات التي تتحكم برفع القص والأضلاع: العضلة القصية الترقوية الخشائية، والعضلة الأخمعية، والعضلة التي تحت الترقوة، والعضلة الصدرية العظيمة، وعضلات صغيرة في المقدمة مثل: العضلة المنشارية الأمامية في الأطراف، وعضيلات رفع الأضلاع، والعضلة المنشارية الخلفية العلوية، والعضلة الظهرية في المؤخرة. أنظر الشكل (4.21).

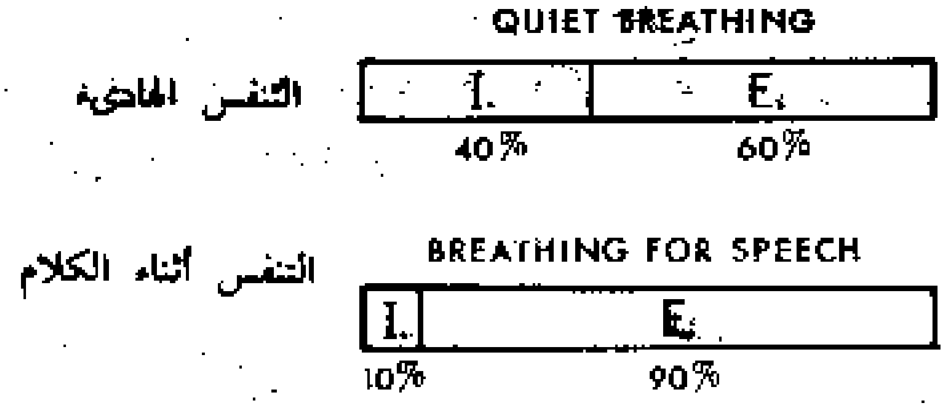


Pect. Major	العضلة الصدرية العظيمة
Serratus Ant	العضلة المنشارية الأمامية
Lat Dorsi	العضلة العريضة الظهرية
Rectus Abdominis	العضلة المستقيمة البطنية
External Oblique (fleshy part)	العضلة المائلة البطنية الخارجية (القسم اللحمي)

الشكل 4.21: منظر جانبي للصدر. بعض العضلات المستخدمة في رفع الأضلاع في التنفس العميق.

والوجه الثاني للاختلاف يكمن في وتيرة «الأوتوماتيكية»، حيث نقوم بالشهيق والزفير ليلاً نهاراً، واعين، أو غير واعين، والعملية تحت سيطرة منعكسية. وتعتمد درجة

تغير الحجم وعمقه على الحاجة. لكنه يمكننا، على أية حال، ممارسة سيطرة إرادية أكبر على تنفسنا عندما نقرأ قصيدة أو نغني أغنية. فغالباً ما نكون واعين لصنع تغيرات أكبر في حجم الشهيق كي نحصل على ضغط هوائي كافٍ يمكننا من إتمام فترة طويلة دون انقطاع. وثالثاً: أن الزفير أثناء الكلام أسرع ولا يستهلك كامل الدورة التنفسية كما هو الحال في التنفس العادي، حاول توقيت تنفسك أثناء الراحة، وأثناء قراءة مقطع ما. ربما لا تجد فروقاً هامة في أعداد التنفس في دقيقة واحدة وهي تتراوح بين 12 و 20. لكنّ النسبة بين الشهيق والزفير ستختلف على نحو ملحوظ. تكون النسبة في التنفس العادي 40% للشهيق و 60% للزفير، بينما تكون النسبة في الكلام حوالي 10% للشهيق و 90% للزفير. أنظر الشكل (4.22) على الرغم من اختلاف النسبة بعض الشيء وفقاً للوسط.

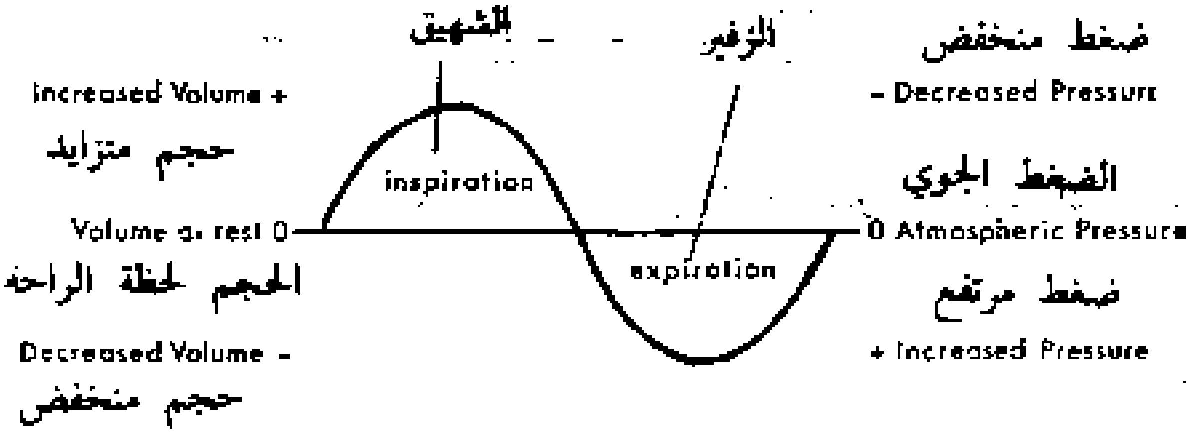


الشكل 4.22: مقارنة بين نسب الشهيق (I) والزفير (E) في الدورة التنفسية أثناء الكلام والتنفس العادي.

الزفير Expiration

عندما يكون المزمار (الفتحة بين الحبال الصوتية) مفتوحاً في حالة الشهيق، يدخل الهواء من الخارج إلى الرئتين، وعندما يكتمل الجهد العضلي أثناء الشهيق (يعتمد ذلك على الضغط الضروري لتنفيذ المهمة المخطط لها) تكون هناك لحظة من التساوي بين ضغط الرئتين والضغط الخارجي. أما في حالة حجم صدري عالٍ نسبياً، فإننا نحتاج إلى قوة شهيق كبيرة للمحافظة على ذلك الحجم، وإن حاول المرء إرخاء العضلات

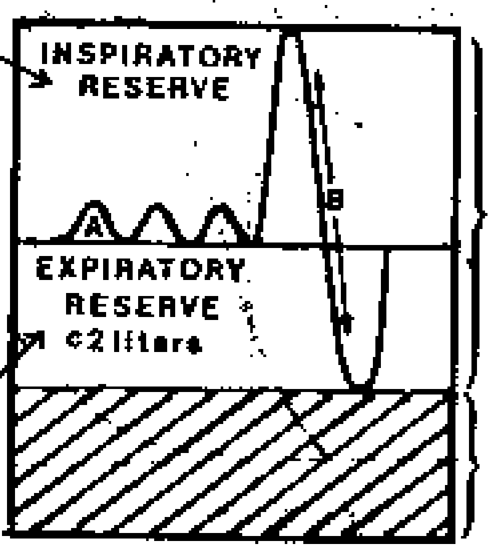
الشهيقية، فإن الهواء سيندفع على نحو مفاجىء نحو الخارج بسبب تراجع عضلات القفص الصدري. حاول ذلك بنفسك، استنشق بعمق من خلال توسيع قفصك الصدري وحجم الرئتين. ثم، وأنت تحافظ على حجم الهواء ثابتاً، إحبس نَفَسك، وافتح المزمار. إن كان المزمار مفتوحاً، وجب أن يكون ضغط الهواء أعلاه وأسفله متساوياً. وإن أنت حاولت إرخاء العضلات الشهيقية (المتخصصة بعملية الشهيق) فإن الهواء سيندفع إلى الخارج على نحو مفاجىء بسبب ثلاثة عوامل سلبية: الارتداد المرن للرئتين والقفص الصدري (حيث تعود أنسجة الرئتين المتمددة إلى وضعها الطبيعي)، وعزم الدوران المتمثل في قوة عدم فتل الغضاريف الملاصقة لعظم القص، والجاذبية التي يمكنها أن تساعد في هبوط القفص الصدري. تسبب هذه العوامل الثلاثة السلبية تقليل حجم الرئتين والقفص الصدري. ووفقاً لقانون بويل، فإن نقصان الحجم يزيد في الضغط الداخلي مما يسبب اندفاع الهواء إلى الخارج. يوضح الشكل (4.23) تناظر تغيرات الشهيق والزفير بين الحجم والضغط. فلكي نحصل على زيادة في الضغط الزفيري لا بدّ من تقليل الحجم الصدري.



الشكل 4.23: تغيرات حجم الرئتين والضغط خلال الشهيق والزفير.

يكون استبدال حجم الهواء قليلاً في الزفير العادي (حوالي ½ لتر تقريباً)، ويزداد استبداله في التنفس العميق المرافق للتمارين الرياضية العنيفة. يسمى حجم الهواء المستبدل في الشهيق والزفير العادي بـ «الحجم المدّي». يتنفس الناس بمعدل 12 - 20 مرة في الدقيقة في التنفس العادي، وتكون فترة الشهيق أقصر بقليل من فترة الزفير. وإن

شهق المرء أعمق شهيق وأصدر أقصى زفير أيضاً، فإن حجم الهواء في هذه الحالة يسمّى بـ «السعة الحيوية». وتتصل مقدرة الإنسان الحيوية بجنسه (ذكراً أم أنثى)، وحجمه وعاداته التنفسية. وتبلغ المقدرة الحيوية الوسطية عند الإنسان حوالي خمسة لترات، ولكن متسلّقي الجبال الضخام الجثث يمتلكون مقدرات حيوية أكبر حتماً من العديد من الناس الآخرين. أمّا نصف اللتر الذي يستبدل أثناء التنفس الهادىء فإنه لا يبلغ سوى 10% من الاستبدال الذي يمكن للمرء فعله، وبما أن ثمة لترين إضافيين من الهواء المستقر الذي لا يمكن للمرء طرده، فلا يساوي الحجم المدّي البالغ ½ اللتر، عندئذ، سوى 7% من الحجم الكامل للرئتين. يزودنا الشكل (4.24) ببعض المصطلحات المتفق عليها، وكذا بأحجام الرئتين.



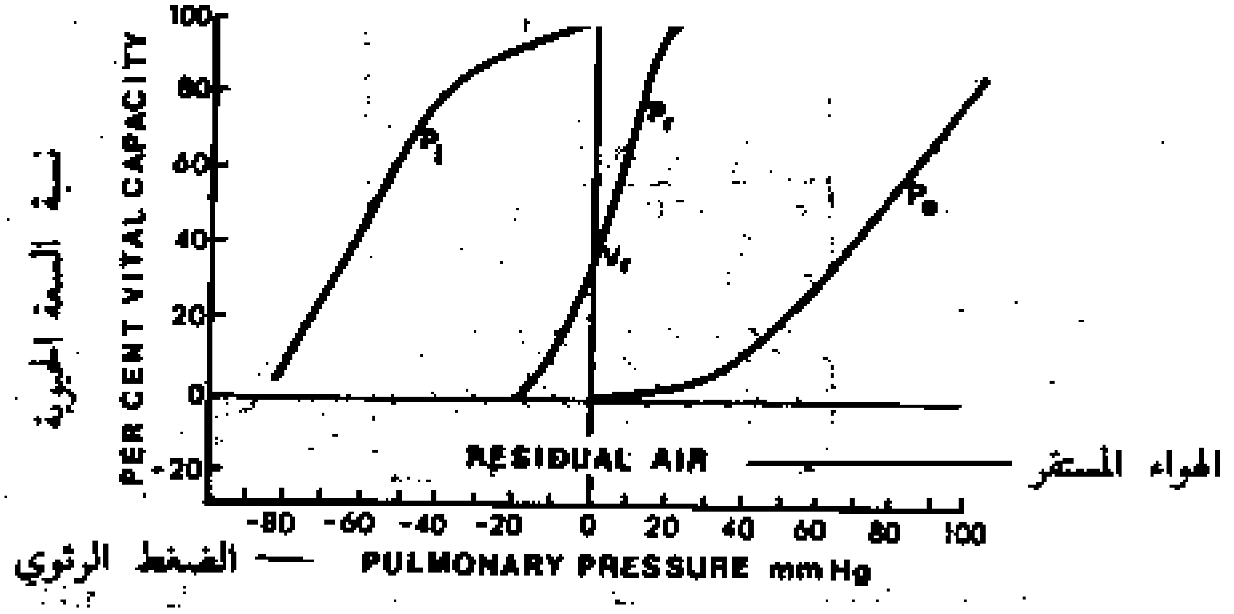
الشكل 4.24: تمثل (A) الشهيق والزفير أثناء التنفس الهادىء، والمدّي. بينما تمثل (B) الشهيق والزفير الأعظميين. استخدمت المصطلحات القياسية المستخدمة في الأقسام المختلفة في الحجم الكامل للرئتين.

في الصوت الدائم — For Sustained Voicing

إن القوى الزفيرية السلبية الثلاث: المرونة، وعزم الدوران والجاذبية، غير كافية وحدها لأداء نغمة موسيقية أو التكلم ويختلف الزفير أثناء الصوت عنه أثناء التنفس الهادىء، ويختلف الزفير أثناء الكلام عنه في الحالتين السابقتين (صوت، وتنفس هادىء).

وابتغاء المحافظة على ضغط ثابت لغناء نغمة موسيقية مغناة بشدة ثابتة، تتخذ قوى الرئتين والقفص الصدري الارتدادية بوصفها قوة أساسية خلفية يضاف إليها انقباضات عضلية نشطة أولها عضلات شهيقية وتليها عضلات زفيرية، فإذا سَمَح المغني بتصرف القوى الزفيرية من دون مساعدة، فإن الرئتين ستنهاران على نحو مفاجيء ولن يمكن المحافظة على النغمة الموسيقية. إن هدف القوى الشهيقية النشطة (انقباضات عضلية) هو تخفيف وتيرة خروج الهواء. وتُطوِّع (تخضع) القوى العضلية الزفيرية. فيما بعد، لحجم صدري متناقص يقلّ عن الحدود التي يصنعها الارتداد المرن.

وأوّل من قدم رسماً بيانياً ـ للعلاقة بين الحجم والضغط في الصدر الإنساني ـ يظهر فيه عمل النظام التنفسي الشبيه بعمل النابض هو راهان وآخرون (Rahan et al) عام 1946. فلقد أظهر كيف يتغير الضغوط بتغيرات أحجام الرئتين. أنظر الشكل (4.25).



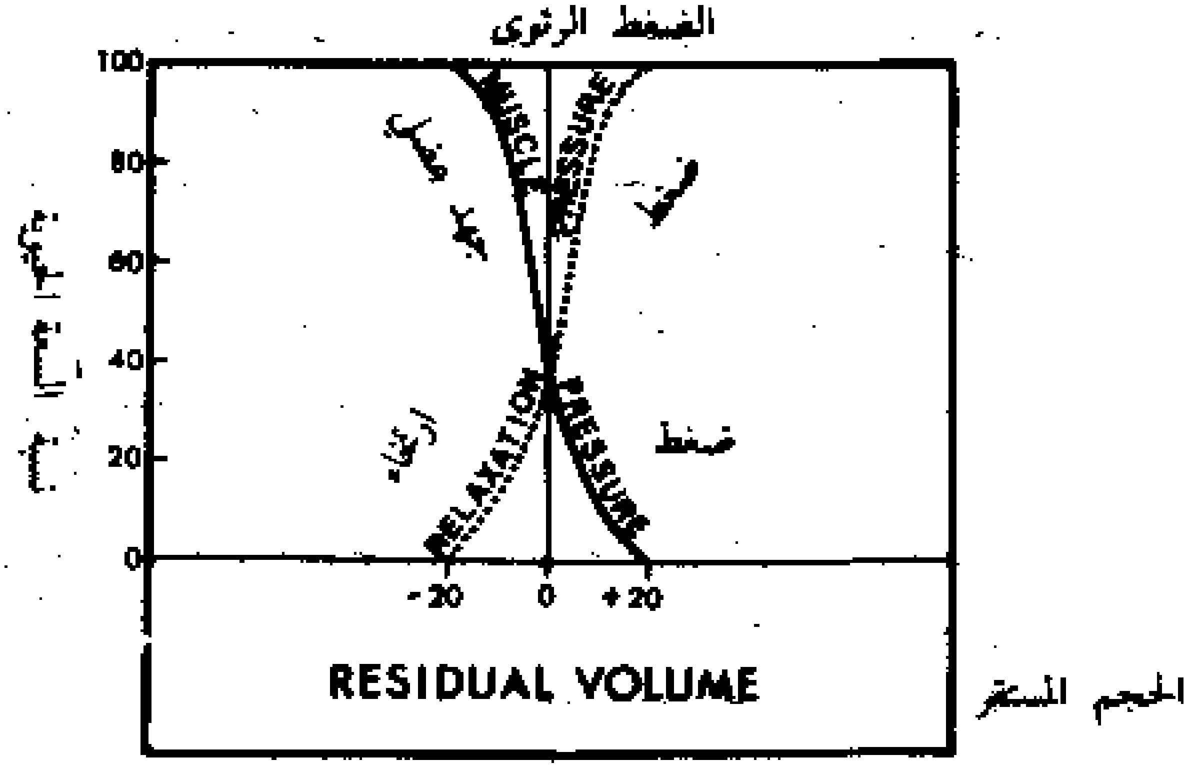
الشكل 4.26: مخطط حجم الضغط. تشير P_I إلى منحنى الشهيق الأعظمي، وتشير P_r إلى منحنى الإرتخاء، وتشير P_e إلى منحنى الضغط الزفيري الأعظمي. بينما تمثل V_r حجم الهواء المستقر (في الرئتين). (راجع النص لمزيد من الشرح).

عيّنت الأحجام الرئوية على المحور العمودي مقدّرة بنسبة من الفعالية أو المقدرة الحيوية. بينما عيّن قوس الضغط المرتخي (P_r) من خلال سؤال أشخاص أن ينضبطوا مع حجم رئوي معين ويقوموا بعد ذلك بفتح المزمار والإرتخاء. يقوم الناس بالزفير عندما

يكون الضغط الرئوي مرتفعاً لحظة إرتخاء العضلات، بينما يقومون بالشهيق عندما يكون الضغط الرئوي منخفضاً لحظة إرخاء العضلات. ولقد قيس الضغط الرئوي (الموجود على المحور الأفقي) وسجّل في كل حجم رئوي بنفسه. وفي حالة الأحجام الرئوية العليا، سجّل ضغط إيجابي لحظة الإرتخاء. بينما سُجل ضغط سلبي في وجود الأحجام الرئوية المنخفضة لحظة الارتخاء. يمثل المنحنى على شكل S ناتجاً مشيراً إلى متوسط الضغوط التي أنتجتها قوىٰ الشهيق والزفير السلبية (غير العضلية).

تنفس بهدوء. يصل المرء في نهاية الزفير إلى حالة من الارتخاء يكون فيها التوتر بين القفص الصدري (الذي يحاول الاتساع) والرئتين اللتين تحاولان الانكماش متوازناً. يحدث هذا بحوالي 40% من السعة الحيوية. ويمثل ذلك الحجم الارتخائي، وكما نعرف من تجاربنا، فإنه توجد قوة في الأحجام العالية تخلقها أساساً مرونة الرئتين في حالة الزفير. على نحو معاكس تماماً، نجد، في حالة الأحجام المنخفضة أنّ فاعلية ضغط الرئتين الارتخائي وقوىٰ القفص الصدري الارتدادية شهيقيةٌ. فلو أنّك، مثلاً، طردتَ كلّ الهواء الذي يمكنك طرده من الرئتين وفتحت المزمار، فإنك ستوجد قوة كبيرة تساعد على الزفير. حاول ذلك وسترىٰ. يمثّل منحنىٰ هبوط الضغط هذا، إذاً، قوة أساسية ناتجة عن مرونة الرئتين والقفص الصدري بما في ذلك قوة الارتداد والجاذبية التي يمكننا استخدامها في التنفس، كي نساعد عضلاتنا على تغيير حجم الهواء. يمثّل منحنى الضغط الشهيقي الأعظمي الموجود إلى يسار منحنى الارتخاء مجموع قوىٰ الارتخاء (أو الضغط الارتدادي) وضغط العضل الشهيقي في أحجام رئوية مختلفة. وفي حال الضغط الرئوي المرتفع، لا يمكن للعضلات أن تضيف لقوىٰ الارتداد سوى شيء بسيط. أما في حال الضغط المنخفض فستكون القوىٰ التي تحدثها العضلات الشهيقية أكبر وتضاف إلى القوىٰ السلبية. وكذلك يمثّل منحنى الضغط الأعظمي الواقع إلى يمين منحنى الارتخاء مجموع إمكانية وجود قوة عضلية زفيرية كبيرة بوضوح في الأحجام الرئوية العالية.

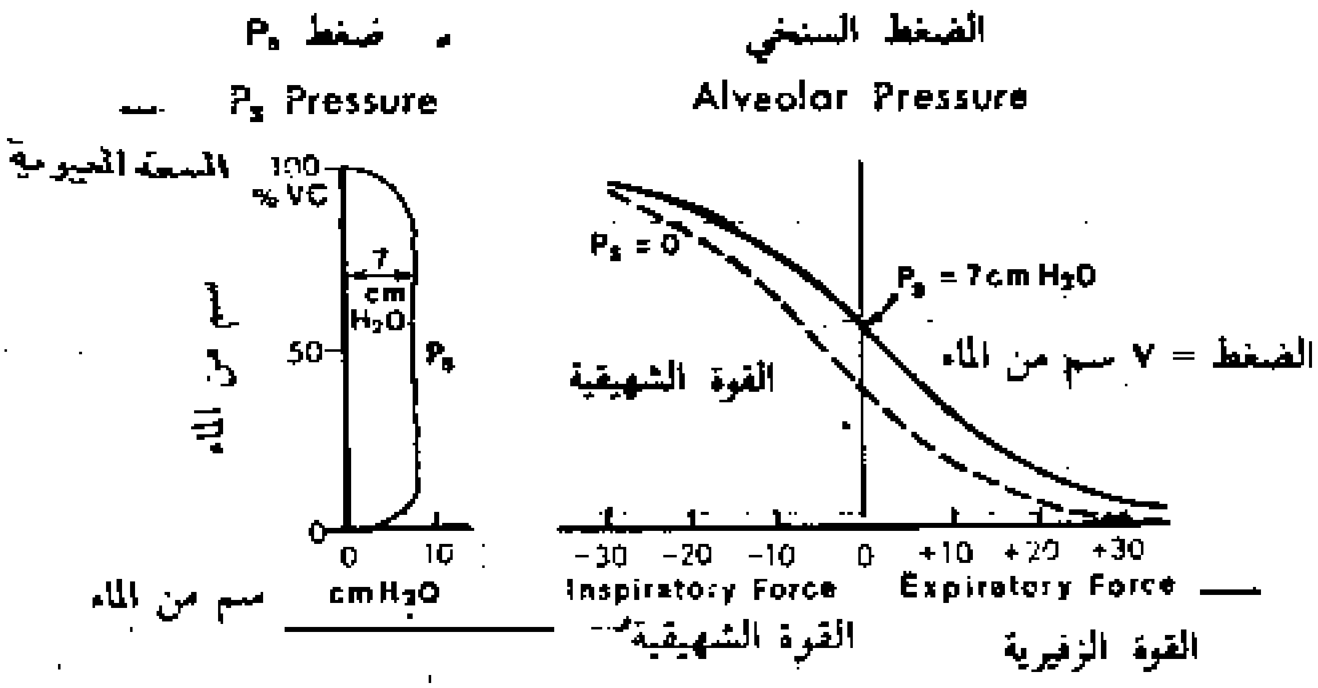
يظهر الشكل (4.26) صورةً لمنحنى الضغط الارتخائي موضحاً القوىٰ العضلية النشطة (إما شهيقية في اليسار أو زفيرية في اليمين) التي يجب إنتاجها كي تتساوىٰ القوىٰ السلبية في أحجام صدرية معينة أو محددة.



الشكل 4.26: الضغوط العضلية اللازمة في حجوم رئوية مختلفة لموازاة ضغط القوى السلبية الارتخائي.

تتغير علائق ـ الضغط والحجم ـ بعض الشيء عندما يكون المرء مستلقياً لأن محتويات التجويف البطني ستضغط، في هذه الحال، على الحجاب الحاجز وتزيد الضغط الرئوي.

يصوّر ميد، وباهيوز وبركتور (Mead, Bouhuys and Proctor) التحويرات التي تصيب قوة الارتداد الأساسية عندما يحاول المطربون المحافظة على نغمة منخفضة، ولكن بشدة ثابتة. يضيف المغني، في إبقائه أو محافظته على ضغط يبلغ 7 سنتمترات من الماء تحت المزمار (يقاس ضغط الهواء تقليدياً بالمسافة التي يقطعها عمود من الماء أو الزئبق) في نصف النغمة الأول قوة عضلية نشطة للعضلات الشهيقية كي يضبط القوة الارتدادية. وبعد ذلك يبدأ في تقليص العضلات الزفيرية بقوة متزايدة. أنظر الشكل (4.27).



الشكل 4.27: القوى اللازمة للحفاظ على ضغط تحت حنجري ثابت في غناء نغمة ثابتة في أحجام رئوية مختلفة. يشير الخط المتقطع إلى الارتخاء أو المنحنى المرن في حالة مزمار مفتوح. بينما يشير الخط الصلب (غير المتقطع) إلى القوى العضلية اللازمة للحفاظ على ضغط تحتحنجري يبلغ سبعة سنتمرات من الماء.

يقوم المطرب في نصف النغمة الأول بمواصلة تنشيط العضلات بين الضلعية الخارجية والقسم الغضروفي الداخلي من العضلات بين الضلعية الداخلية وإثارتها؛ ويقلل الانقباضات تدريجياً على نحو يحدث تناقصاً في الحجم الرئوي وحجم القفص الصدري بسلاسة. إنّ وظيفة هذه العضلات هي «الفرملة» أو كبح قوى الارتداد. وبذلك تُستخدم العضلات الشهيقية أثناء الزفير. وعندما يقترب الضغط الرئوي من الحالة التي يكون فيها ضغط المخرج الطبيعي 7 سنتمترات مائية تهيّء العضلات الزفيرية نفسها لزيادة نشاطها كي تحافظ على ذلك الضغط مع تناقص الضغط الرئوي. يصوغ (ميد) هذه النقطة على النحو الآتي: يجب تغيير النشاط العضلي باستمرار حتى نحافظ على ضغط دون مزماري ثابت في أحجام رئوية مختلفة.

أثناء الكلام For Speech

إن عمل العضلات الشهيقية المستمر المُراقب معدِّل الزفير، الذي شاهدناه في المحافظة على غناء نغمة معينة، موجود أثناء الزفير الكلامي بوضوح.

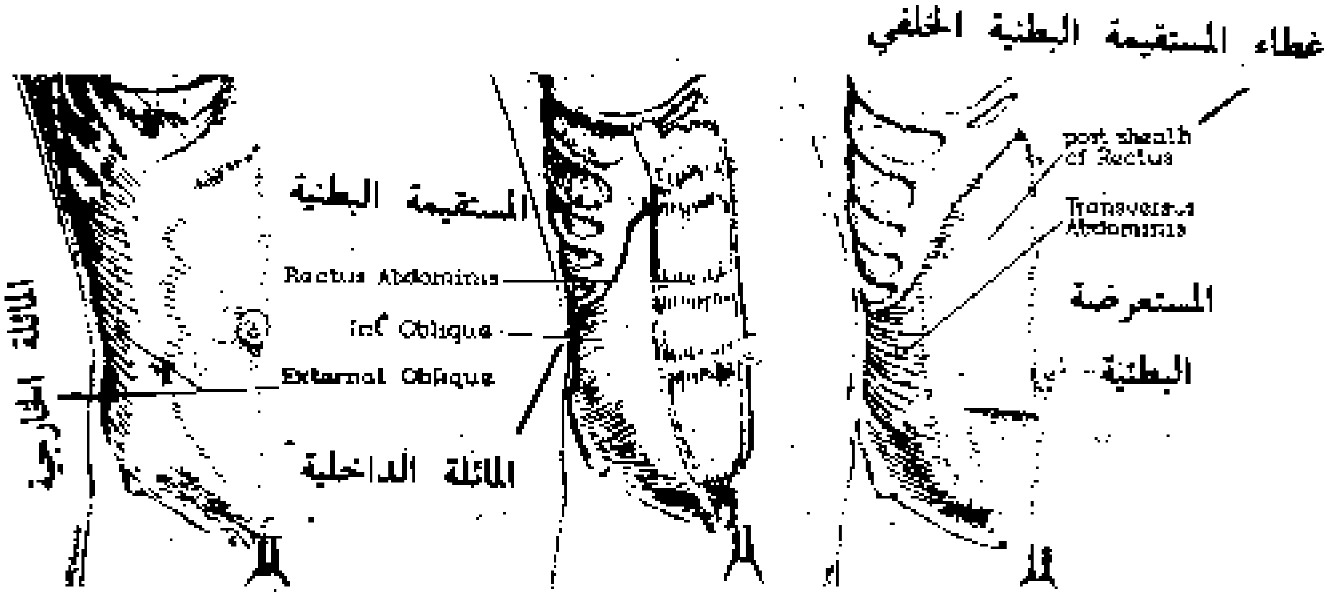
يلخص الجدول (4.2) عملية التنفس من خلال توضيح الأحداث ابتداءً من النبضات العصبية إلى النتائج في ضغط الهواء وحركته.

الجدول 4.2: مخطط يلخص الأحداث أثناء التنفس.

الدماغ	الأعصاب الثانوية	العضلات	الحركات	تغيرات ضغط الهواء	حركة الهواء
النخاع المستطيل ← والمراكز العصبية العليا	الأعصاب الشوكية	الشهيقية:	انخفاض ←	ضغط الهواء داخل الرئتين سلبي بالمقارنة مع الضغط الجوي	يستنشق الهواء عبر المجرى التنفسي لمعادلة الضغط
	الحجابي $C_3 - C_5$ ←	الحجاب الحاجز ←	زيادة عامودية في الصدر		
	الأعصاب الصدرية ←	العضلات بين الضلعية الخارجية ←	ترتفع الأضلاع للأعلى والخارج، و		
	$T_1 - T_{11}$ ←	الأقسام الغضروفية الداخلية للعضلات بين الضلعية الداخلية ←	تلتف الأضلاع مما يسبب زيادة داخلية خلفية في جنب الصدر		
			ستضغط القفص الصدري بسبب المرونة، والمرونة، والجاذبية وفعل الارتداد		
	الصدرية $T_1 - T_{11}$ ←	الزفيرية: العضلات بين الضلعية الداخلية ←	تنخفض الأضلاع		
	الصدرية $T_7 - T_{12}$ ←	العضلات البطنية ←	تضغط محتويات البطن على الحجاب الحاجز وترفعه ↓ يقل حجم القفص الصدري	يزداد ضغط الهواء داخل الرئتين مقارنة بالضغط الجوي	يطرد الهواء من الرئتين عبر المجرى التنفسي لمعادلة الضغط

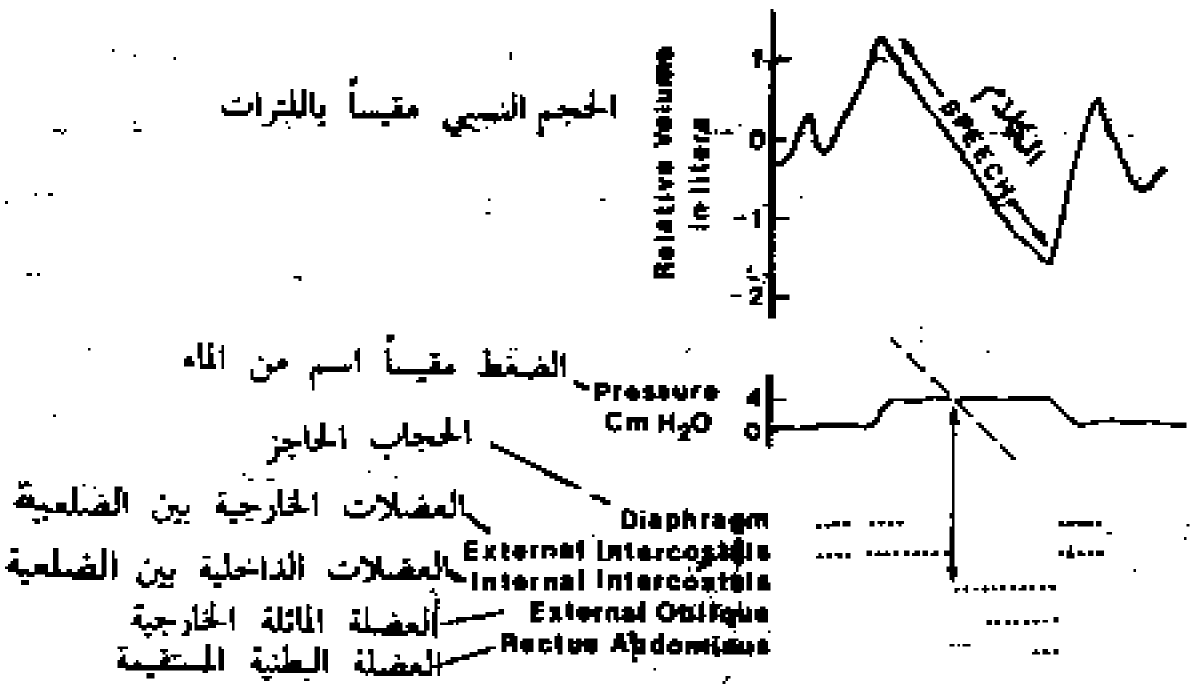
يمثل هذا المخطط الأحداث الأساسية (الصادرة) في التنفس. هناك المعلومات الحسية (الواردة) التي تُرسل للجهاز العصبي المركزي. وهناك أنظمة تغذية إرجاعية ذاتية تشير إلى الحاجة إلى الأكسجين من النخاع المستطيل. وهناك أيضاً ألياف عضلية متخصصة في العضلات التنفسية تستجيب لامتداد العضلات. تقوم هذه العوامل مجتمعة مع الإحساس بتمرير الهواء داخل المجرى التنفسي بمساعدة المتنفس للسيطرة على التنفس إرادياً أو لا إرادياً.

تعصب أعصاب الحبل الشوكي العضلات الزفيرية، وتعصب الأعصاب الصدرية (T_1 - T_{11}) العضلات بين الضلعية الداخلية، والأقسام الداخلية العظمية التي يقلص بعضها لتقصير المسافة بين الأضلاع من خلال الضغط عليها، من ثمّ يتم تقليل الحجم الصدري. وتكون العضلات البطنية نشطة في الزفير المطوّل، لأن انقباضها يضغط على محتويات البطن مما يحمل الحجاب الحاجز على الصعود إلى الأعلى. أما العضلات البطنية الرئيسة المستخدمة في الزفير فهي: العضلة المستقيمة البطنية، والعضلات الداخلية والخارجية المائلة، والعضلة المستعرضة البطنية. أنظر الشكل (4.28).



الشكل **4.28**: منظر أمامي للعضلات البطنية المستخدمة في الزفير.

سجل درابر (Draper) ولادا فوجد (Lada Foged) و وايتردج (Whitteridge) النشاط العضلي للعضلات الشهيقية (بين الضلعية الداخلية، والعضلات البطنية) أثناء تكلم من خضع للتجربة. يوضح الشكل (4.29) الضغط الهوائي والنشاط العضلي وقد قيسا عندما كان الشخص الذي أخضع للتجربة يعدّ من 1 إلى 32 بجهارةالمحادثة العادية:



الشكل 4.29: الحجم الرئوي النسبي، والضغط الهوائي التقديري والنشاط العضلي أثناء الكلام. يتغير النشاط العضلي من الشهيق إلى الزفير عندما يقل الحجم الرئوي للحفاظ على ضغط تحتحنجري. أشير إلى العضلات النشطة في أسفل الشكل.

سنشرح تقنية تخطيط العضل الكهربائي في الفصل السادس. لاحظ أن الضغط يهبط تدريجياً. تستمر العضلات الشهيقية في الانقباض مخفّضة نشاطها تدريجياً. وتُدفع العضلات الشهيقية، تساعدها قوة ضغط الارتخاء أو مرونة النظام التنفسي، تدريجياً نحو تقليل أكثر في الضغط الرئوي مطوّلة بذلك أمد الزفير.

يختلف الزفير أثناء الكلام عن الزفير في غناء النغمة المطولة بسبب إضافة العديد من العوامل. وتتغير الشدة الصوتية باستمرار أثناء الكلام بسبب تأكيد بعض الجمل، والعبارات، والكلمات والمقاطع. ومن أجل زيادة شدة الصوت الكلامي يجب على المتكلم زيادة الضغط التحتحنجري. فلعلى سبيل المثال يمكن للمرء أن يلفظ خلال زفير واحد الآتي، وينبّر الكلمات أو المقاطع التي وضع تحتها خط:

«The quality of mercy is not strained but droppeth as the gentle rain from heaven upon the place beneath». كان ستيستون (steston) أول عالم صوتي يؤكد إسهام العضلات التنفسية في الكلام. فقد اعتقد، رغم أنّ عضلات الصدر والبطن الكبيرة هي التي تسهم في عملية الشهيق، أن العضلات بين الضلعية الأصغر (العضلات بين الضليعة الداخلية) هي التي تصدر النبضات الصغيرة التي توضع فوق التيار الهوائي. لقد ربط ستيستون بين النبضات والمقاطع، لكننا إن حوّرنا ذلك المفهوم وربطنا انقباضات العضلات بين الضلعية الداخلية الإضافية بالنبرة سنجد، عندئذٍ، موافقة عامة له. بينما تنضم العضلات البطنية، من أجل الحصول على قوة زفيرية إضافية أكبر في الألفاظ الشديدة النبر والألفاظ الطويلة.

تصدر المقاطع المنبورة بسبب زيادة محتملة في عوامل ثلاثة: الفترة، والتردد، والشدة. يسيطر على الشدة الصوتية الضغط التحتحنجري ويتزايد بوصفه دالة بين قوتي ضغط الهواء التحتحنجري الثالثة والرابعة:

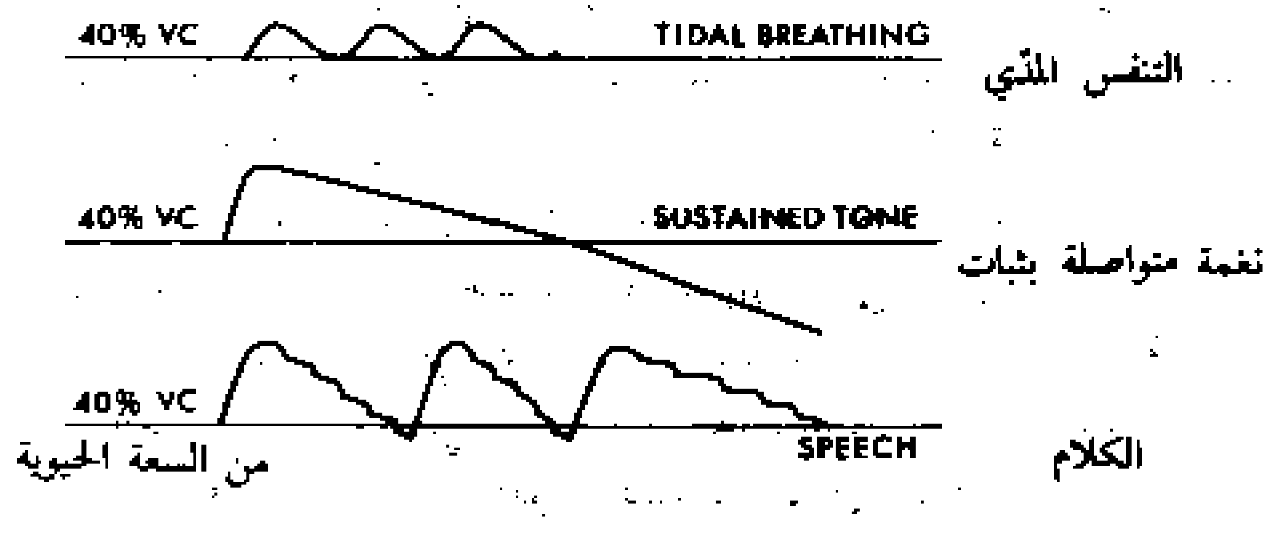
$$T = P_s^3 \text{ or } P_s^4$$

يؤدي اختلاف صغير في الضغط إلى اختلاف كبير في الشدة. فلو تضاعف الضغط التحتحنجري مرة واحدة فلسوف تتضاعف الشدة الصوتية بين 8 و 16 مرة ($2^3=8, 2^4=16$) ويساوي ذلك زيادة في الشدة الصوتية قدرها من 9 إلى 12 ديسبل. وقد أظهر لادا فوجد أن زيادة الضغط التحتحنجري لاترتبط غالباً بصوامت معينة في اللغة الإنجليزية، بل يستمر النظام التنفسي أثناء الكلام بالتزوّد بضغط ثابت تقريباً في أي لفظ من الألفاظ. إن الفتح والإغلاق عند فتحة المزمار وفي المجرى الصوتي فوقها هما اللذان يغيران تدفق الهواء والضغط الهوائي عندما نقيسهما في الفم في الأصوات الكلامية المختلفة، والمبدأ نفسه هو المسؤول عن درجات الصوت المختلفة. وقد برهن نيتيل

(Netsell) على وجود ضغط تحتحنجري غير متبدل في الصوتين المتشابهين /d/ (مرافق بذبذبة في الحبال الصوتية) و /t/ (غير مرافق بذبذبة في الحبال الصوتية). بينما يحدث التمييز بينهما عند الحنجرة وفي المناطق فوق الحنجرية وليس في كمية الضغط المؤثرة أو الموجودة تحت الحنجرة. ففي الكلام السريع (العادي) تتناوب المقاطع المنبورة مع غير المنبورة، وتصدر الشدة الصوتية الإضافية التي تشكل سمة من سمات المنبورة من خلال زيادة ضغط الهواء تحت الحنجري عن طريق الجهاز التنفسي.

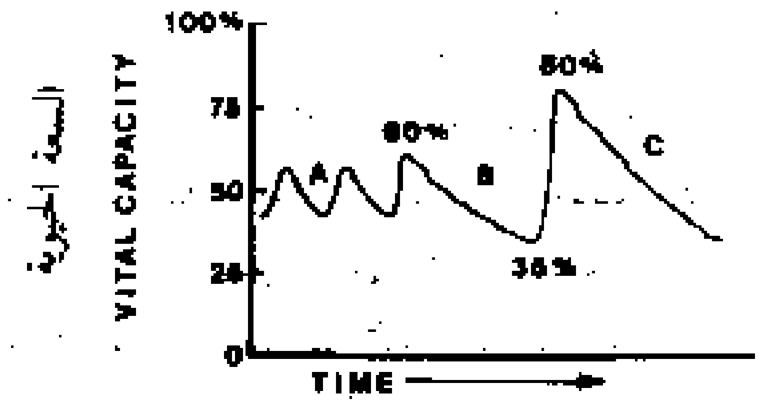
واختلاف آخر بين الزفير الكلامي والزفير في غناء نغمة معينة أو الزفير التنفسي العادي، هو أن تجمعات العبارة هي التي تقرر فترة الزفير. يمكن للمتكلم في قول: I'm nobody. who are you? Are you nobody too»

أن يستخدم فترة زفيرية واحدة أو ربما فترتين. يقرر النص، جزئياً، الوقوف من أجل التنفس. لكنّ إيميلي ديكنسون (Emily Dickinson) لا تريد منا حتماً أن نمزق عبارتها ونأخذ نفساً بعد «Who». تعتمد التغيرات والتحويرات في الفترة الزفيرية على ما يقال، الشكل (4.30). وينتج عادة في فترات طويلة نسبياً في القسم الزفيري من الدورة التنفسية. فلو رغب المتكلم بإنهاء عبارة طويلة من دون توقف، فغالباً ما يستمر في تقليص العضلات الزفيرية مستخدماً بعضاً من احتياطه الزفيري حتى على حساب راحته.



الشكل 4.30: الحجم الرئوي بوصفه دالة زمنية في عدة حالات تنفسية مختلفة.

وخلاف أخير بين التنفس الهادىء والتنفس من أجل الكلام هو حجم الهواء المصروف. إذ إننا نستخدم خلال التنفس الهادىء العادي 10% فحسب من سعتنا الحيوية. على سبيل المثال: يمكننا أن نستنشق إلى حد يبلغ 55% من سعتنا الحيوية ونطرد 40% فحسب. ويذهب هكسون (Hixon) إلى أننا نستنشق في الكلام التحادثي حتى 60% من مستوى سعتنا الحيوية تقريباً، ولا نأخذ نفساً آخر حتى نصل مكان توقف تقريبي قريب من مستوى الزفير العادي الذي يتراوح من 30% إلى 40% من سعتنا الحيوية. ولذلك فإننا نستخدم حوالي 25% من سعتنا الحيوية حيث تتراوح الفترة الزفيرية من 40% إلى 80% من سعتنا الحيوية. أنظر الشكل (4.31).



الشكل 4.31: تمثل (A) تغيرات الحجم الرئوي أثناء التنفس المدي. بينما تمثل (B) التغيرات أثناء الكلام التحادثي. في حين تمثل (C) تغيرات الحجم الرئوي أثناء الكلام المرتفع.

ولذلك يبدو، خلال ما عليه الحال في بعض العلل التنفسية الجسدية، أن الصعوبات المتعلقة ببعض العلل التنفسية الشائعة وأسبابها وطرق علاجها لا تقع ضمن الحاجة إلى قوة هوائية أكبر لأننا لا نستخدم في الواقع سوى الربع الأوسط من سعتنا الحيوية في الكلام التحادثي. وأغلب الظن أن تلك الصعوبات هي صعوبات تقع في إطار ضبط التيار الهوائي وتحويره.

فغالباً ما يضيع التيار الهوائي في الصعوبات اللفظية في استخدام غير فعّال للمقدرة، وليس بسبب نقص في كمية الهواء. ويعود عدم انتظام الأنماط التنفسية عند

المتكلمين الصم إلى شواذ في الحبال الصوتية، وشوّاذ في تحريات الجهاز الصوتي للتيار الهوائي، وكذلك إلى شواذ في ابتداء الصوت. ويمكن ملاحظة شواذ تنفسية أيضاً في الأنماط التي يصدرها متكلمون يعانون من اضطرابات عصبية (الشلل الدماغي على سبيل المثال). وتظهر شواذ أيضاً في صورة نقص في التنسيق بين الأنظمة التنفسية الدنيا والأنظمة التنفسية العليا في الألفاظ المتأففة عند المتكلمين الذين يعانون من الفأفأة. ويبدو هنا أن المشكلة ليست في عدم المقدرة على تغيير الأحجام الرئوية المناسبة لتغيرات الضغط، بل هي على الأغلب، مشكلة تقع في القيام بالمقاومة المناسبة للتيار الهوائي في الحبال الصوتية أو في الجهاز التنفسي الأعلى. وقد يقوم متكلّم يعاني من خلل دماغي بتقليص العضلات البطنية في الوقت نفسه الذي تنقبض فيه العضلات بين الضلعية الخارجية وهو يستنشق. يبدو ذلك مناورة متعاكسة تماماً على الرغم من انتصار العضلات بين الضلعية الخارجية في هذه المعركة (يستنشق عادة). ويمكن للمرء أن يلاحظ عند المتنفسين، غير الفعالين، رغبة أو ميلاً إلى بذل قدرة عضلية أكبر أثناء رفع عظم القص والقفص الصدري العلوي (الذي يسمى أحياناً التنفس الترقوي) في حين أنه لو استخدمت القدرة نفسها في عضلات مختلفة لأمكن رفع القفص الصدري السفلي وتحقيق امتداد أو توسع صدري أكبر. لكنه يبدو أن الناس الذين يتمتعون بكلام عادي يختلفون بدرجة كبيرة في موقع الحركات الأكبر، عندما تكون في منطقة البطن والحجاب الحاجز أو الصدر العلوي.

النطق (إصدار الأصوات الكلامية) Phonation

تحويل الضغط الهوائي إلى صوت Conversion of air pressure into sound

يشكل الهواء المطرود من الرئتين مصدر الكلام الأساسي، لكن أعمال الممرات الهوائية العليا هي المسؤولة عن تحويل القدرة الهوائية إلى ذبذبات مسموعة من أجل الكلام. وكما ذكرنا مقدماً، يستخدم المتكلمون أسلوبين في تحويل الهواء إلى أصوات كلامية. يضم الأول استخدام الضغط الهوائي في ذبذبة الحبال الصوتية المرنة الموجودة في الحنجرة مسبباً إصدار موجة جيبية دورية (ذات نمط)، بينما ينطوي الأسلوب الثاني على السماح للهواء بالخروج إلى المجرى الصوتي من خلال الحنجرة والممرات بين الحبال

الصوتية والفضاء الخارجي) حيث ينتج عن التحويرات المختلفة لتيار الهواء أصوات ضجيج، وهسهسة أو دفقات أو تجمعات من هذه الأصوات غير الدورية (دونما نمط متكرر من الذبذبة). يسمى الأسلوب الأول (التصويت ـ voicing)، وهو النمط الصوتي الأول وتحويراته ما سنناقشه أولاً.

نظرية التصويت التحريكية المرنة Myoelastic Aerodynamic Theory of phonation

تتألف الحبال الصوتية من نتوء رقيّ الشكل مؤلف من عضل، ووتر، وغشاء مخاطي يقع خلف تفاحة آدم أو الغضروف الدرقي متجهاً نحو الأمام والخلف. ويمكن لقساوة الحبال الصوتية ومرونتها أن تختلفا، فيمكن أن يكونا ثخينين أو نحيفين؛ طويلين أو قصيرين، أو أن يوضعا في مواقع وسط؛ بحيث يمكن رفعها أو ضغطها في علاقتها العمودية مع التجاويف الأعلى. تحدث كل هذه التعديلات والتغيرات في الكلام العادي بمعدلات سريعة عالية. وما هذه التغيرات الديناميكية في أساليب الحبال الصوتية إلا نتيجة تغير تطوري من مصرّة بسيطة أو آلية صمام بسيطة من أشكال الحياة الدنيا إلى الحنجرة البشرية التي تنقسم فيها العضلات التي تسيطر على الحبال الصوتية إلى عدة مجموعات كل بوظيفتها الخاصة مما يسمح بطيفة واسعة من التعديلات.

تكون الحبال الصوتية في أسلوب تصويت عندما تكون متقاربة ومتذبذبة. وقبل مناقشة التراكيب الحنجرية ووظائفها أثناء التصويت، يمكنك أن تحصل على فهم سريع لفيزيولوجيا الحبال الصوتية من خلال إنتاج ذبذبة الشفتين المعروفة بـ(Bronx Cheer) في الولايات المتحدة الأمريكية و (raspberry) في بريطانيا. تأكد من خلوتك، وضع شفتيك على نحو تهتز معه الحبال الصوتية مصدرة ذبذبة مسموعة بسبب ضغط الهواء القادم من الرئتين. إنّ الصوت الذي تسمعه هو صوت الهواء الخارج في دفقات سريعة وليس صوت تحول الشفتين. ومن الواضح أن ضغط الهواء هو الباعث على تحويل الشفتين، وليس عضلات الشفتين، ومع ذلك يجب وضع الشفتين على نحو تتقاربان فيه وفي درجة مناسبة من الشدة حتى نحصل على الفعل المطلوب. قم بالتجربة نفسها ولكن بشفتين مفتوحتين قليلاً أو مشدودتين قليلاً، وستبوء محاولتك بالفشل حتماً. فعلى الرغم من

سهولة ملاحظة (Bronx Cheer) لكنه لم تتم الموافقة على قبول مبدى عمل الحبال الصوتية على المنوال نفسه إلا مؤخراً.

كان الاعتقاد السائد في منتصف القرن التاسع عشر أن الحبال الصوتية تهتز كالأوتار تماماً مصدرة ذبذبة في الهواء مباشرة. وحتى أمد قريب، في عام 1950، اقترح هسون (Husson) في نظريته «العصبية ـ الزمنية» أنّ الحبال الصوتية تهتز نتيجة نبضات عصبية في العضلة النطقية، وليس نتيجة عمل الهواء المطرود من الرئتين في الحبال الصوتية. لكن النظرية الدارجة المقبولة حالياً حول النطق هي التي اقترحها أساساً فون هيلمهولتز و مولر (Muller) في القرن التاسع عشر، وضخمت ووضحت في سلسلة من البحوث في الخمسينيات، وهي نظرية التصويت التحريكية المرنة، والكلمة الأساسية في هذا المصطلح هي التحريكية. إذ تتحرك الحبال الصوتية وتثار نتيجة تيار الهواء القادم من الرئتين وليس بسبب نبضات عصبية. وتشير كلمة «المرنة» إلى الطرق التي تغير العضلات فيها مرونتها وشدتها كي تحدث تغيرات مؤثرة في التردد والذبذبة.

يشار إلى عدد المرات التي تنفتح الحبال الصوتية فيها وتنغلق في الثانية بتردد ذبذبة الحبال الصوتية، ويقرر تردد ذبذبة الحبال الصوتية «التردد الأساسي» وهو أدنى ترددات الصوت الصادر مباشرة. يمتلك الرجال أصواتاً ذات تردد أساسي (F_0) وسطي يبلغ 125 «هرتز» تقريباً. أما النساء فيملن إلى إصدار صوت ذي تردد أساسي يزيد عن 200 هرتز، أما الأطفال فيزيد ترددهم الأساسي عن 300 هرتز. يمثل حجم الحبال الصوتية أحد مقرري التردد الأساسي، وعلى قدر ما يكون الجسم المتذبذب في الحبال الصوتية كبيراً يقلّ التردد (فهناك تناسب عكسي بين حجم الحبال الصوتية والتردد الأساسي). يمتلك الرجال حبالاً صوتية أكبر من الحبال الصوتية عند النساء عامة. ويتراوح طول الحبال الصوتية عند الرجال بين 17 و 24 ملم، بينما يتراوح طول الحبال الصوتية عند النساء بين 13 و 17 ملم تقريباً. فلو كان هناك زوج من الحبال الصوتية لها طول ووزن محدّدان فإنه يمكن للمرء، عندئذٍ، أن يضاعف تردد الذبذبة على نحو ملحوظ، من خلال تطويل الحبال الصوتية وشدّها ومن ثمّ يقلل تأثير الكتلة. يمكن عادة مدّ الحبال الصوتية بطول يتراوح بين 3 و 4 ملم. ويتدرب المغنون على امتلاك ثمانيّين (two octaves) (يبلغ كلّ ثماني ضعف التردد الأسبق). ويمكن لصوت منخفض أن يهبط إلى حوالي 80 هرتز،

ويمكن لصوت شعري غنائي مرتفع أن يزيد في تردده عن كيلو هرتز. وهكذا نرى أن العمل العضلي مهم في ضبط الصوت حيث تعمل العضلات على التقريب بين الحبال الصوتية، ومن ثم تستطيع التذبذب، وتقوم العضلات أيضاً بتنظيم سمك الحبال الصوتية وشدتها كي تغير التردد الأساسي.

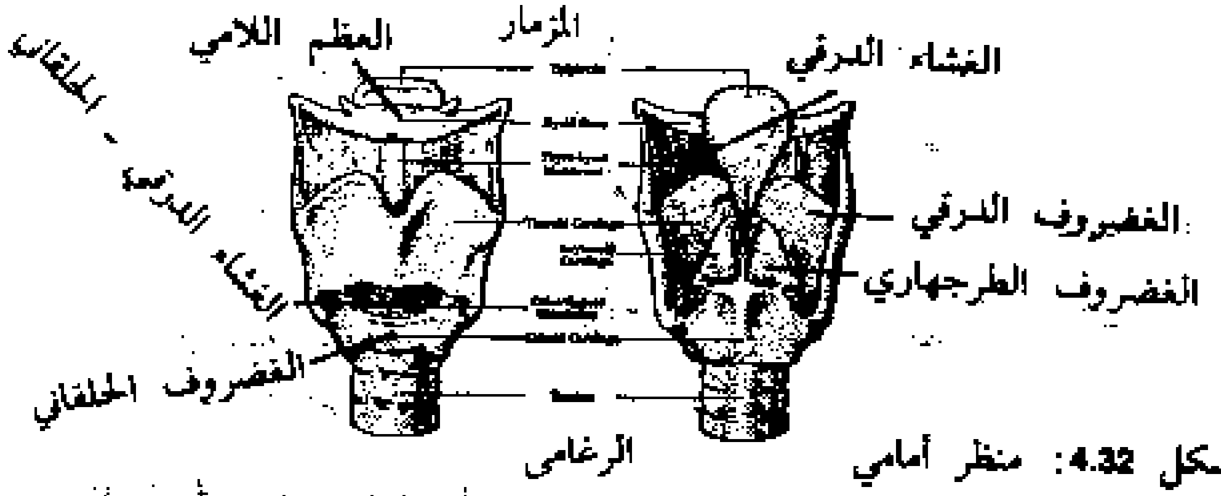
إنّ النقطة الأساسية التي تكمن وراء النظرية المرنة هي أن مقررات دورة الذبذبة حركية. حيث يفتح الهواء القادم من الرئتين الحبال الصوتية في كل ذبذبة؛ وتنغلق الحبال الصوتية في كل دورة أيضاً بسبب مرونتها الموروثة والهبوط المفاجيء في ضغط الهواء المفاجيء بين الحبال الصوتية عندما يمر الهواء بسرعة في فتحة المزمار.

يتطلب شرح تفاصيل عملية التصويت معرفة تشريحية بالحنجرة. وسنقتصر في هذا النص على ذكر التشريح اللازم لفهم أساسي لوظيفة الحبال الصوتية في الكلام.

هيكل الحنجرة العام Framework Of Larynx

تستخدم الحنجرة، فضلاً عن استخدامها في الكلام، في ضبط تيار الهواء الداخل إلى الرئتين والخارج منها والذي يزود الجسم بالأكسجين، وتمنع دخول الطعام والماء أو المواد الأخرى إلى الرئتين، وتساعد في البلع، وكذلك في بناء الضغط اللازم في القفص الصدري، كالسعال، والتقيّؤ والتغوط ورفع الأشياء الثقيلة.

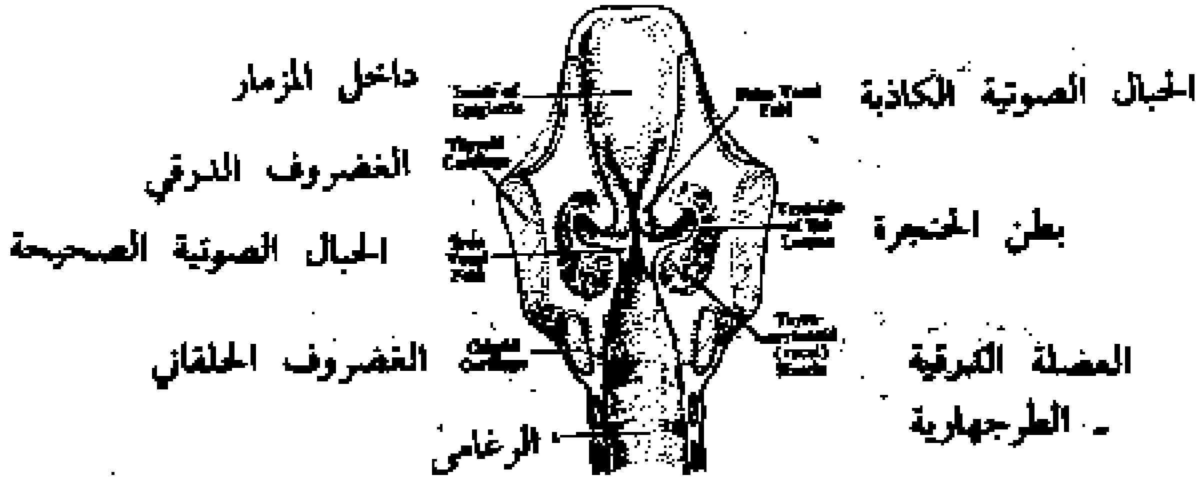
تتعلق الحنجرة بالعظم اللامي، وتتوضع على قمة الرغامى الشكل (4.32).



الشكل 4.32: منظر أمامي وخلفي للحنجرة.

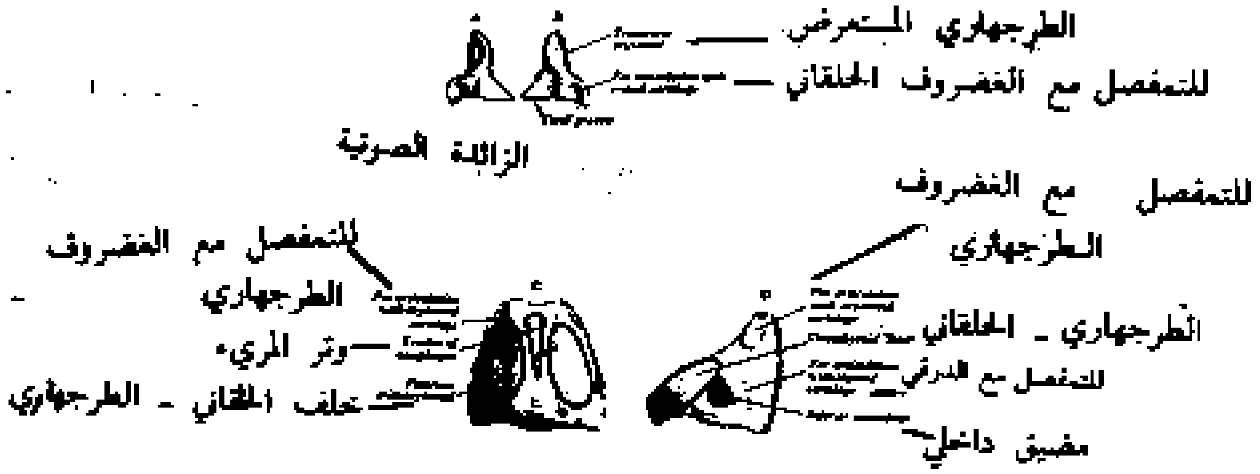
وتتكون الرغامى من سلسلة من الغضاريف على شكل حافر الفرس بقسمها المفتوح نحو الخلف، وتتوضع في قاعدة الرقبة، بينما يعوم العظم اللامي تحت الفك. وأفضل طريقة لتحسسه هي إمالة الرأس نحو الخلف قليلاً، ولكونه مؤلفاً من عظم صغير على شكل حافر الفرس يمكن تمييزه عن الغضاريف بفعل قساوته. يقع بناء الحنجرة أو هيكلها أمام البلعوم السفلي الذي يقود هو نفسه إلى المريء فالبلعوم، ولذلك يجب أن يمرّ الطعامُ والسوائلُ فوق مدخل الرئتين كي تستطيع الدخول إلى مدخل المعدة. وذلك ترتيب غير فعّال في ظاهره، وهو الكلفة المدفوعة من أجل تكييف الحنجرة بوصفها مصدراً أساسياً للكلام. وأثناء البلع يقوم غضروف على شكل ورقة، وهو اللهاة، بتغطية مدخل الحنجرة. أمّا في بعض الحيوانات الأخرى، فتقع الحنجرة في منطقة عالية من البلعوم، ويمكن دمجها مع الممرات الأنفية. وفي تلك الحالة تمرّ السوائل والطعام من الفم حول أطراف الحنجرة على نحو مباشر نحو المريء من دون أي خطر من دخولها القصبة الهوائية.

تتألف الحنجرة من أنبوب مؤلف من غضاريف تتصل بربطات وأغشية رابطة، وتغطى بغشاء مخاطي. تشكل المنطقة المغلقة فراغاً على شكل ساعة (أنظر الشكل 4.33) وله دهليز يقع فوق مجموعتين من الثنايا أو الأوتار: الأوتار الكاذبة، والحبال الصوتية الصحيحة المستخدمة في الصوت. تشكّل الحبالُ الكاذبة تضيقاً ثانياً فوق الحبال الصوتية تماماً. يسمى الفراغ العمودي بين مجموعتي الحبال بالتجويف البلعومي، ويسمى الفراغ الأفقي بين الحبال الصوتية الصحيحة بـ «المزمار». ويتوسع الفراغ تحت الحبال الصوتية داخل بناء الغضاريف.



الشكل 4.33: مقطع أمامي في الحنجرة. لاحظ المضيقات التي تشكلها البطنيات الكاذبة والحبال الصوتية الصحيحة في الأسفل.

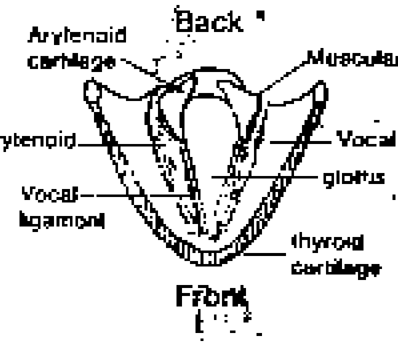
إنّ الغضاريف التي تعمل على حفظ الفراغ الحنجري وتدعم العضلات التي تنظم تغيراته هي الدرقي، والطرجهاري. وسمي الغضروف الحلقاني بذلك لأنه يشبه حلقات الخاتم، ويمكن اعتداده نمواً زائداً لخاتم الرغامى، وهو يشكّل الحلقة العليا من الرغامى، يميزه الصحن الكبير (الصحيفة) في المؤخرة على عكس حلقات الرغامى المفتوحة من الخلف وتشكل المقدّمة الضيقة وجوانب الغضروف القوسي، بينما تشكل الصحيفة العريضة في المؤخرة الجزيء الشبيه بالخاتم الذي يطل على الخلف. أنظر الشكل (4.34).



الشكل 4.34: الغضروفان الطرجهاري والحلقاني. تمثل (A) الغضروف الطرجهاري الأيسر، مظهراً من الوسط. بينما تمثل (B) في اليمين الغضروف الطرجهاري، مظهراً من الوسط. تمثل (C) الغضروف الحلقاني، منظر خلفي. وتمثل (D) الغضروف الحلقاني، منظر خلفي جانبي. أشير إلى نقاط الوصل العضلية بخطوط غامقة.

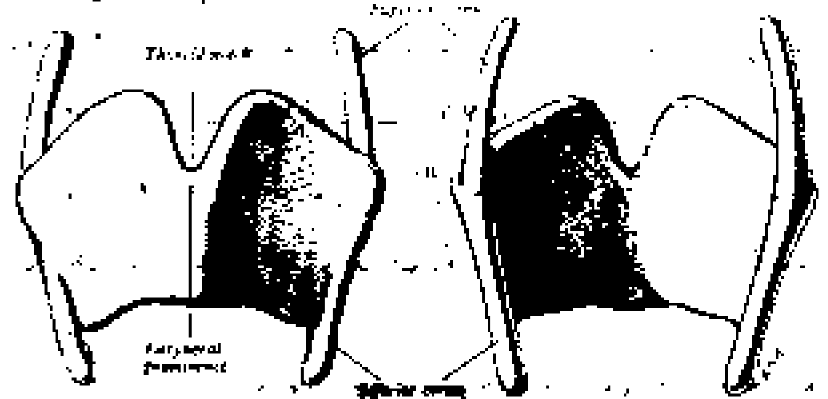
على الرغم من أنّ الحبال الصوتية لا تتصل بالغضروف الحلقاني، فإنه يتمفصل مع ثلاثة غضاريف تدعم الحبال الصوتية وهي: الغضروف الدرقي، وإثنان من الغضاريف الطرجهارية. والغضاريف الطرجهارية هرمية الشكل تقريباً وتتمفصل مع

الغضروف الحلقاني من خلال انخفاضات بيضوية في وجوهها الداخلية تناظر الوجوه الصغيرة المحدبة في الصحيفة العليا الحلقانية. وعندما تكون الغضاريف الطرجهارية في مكانها، يمكن لإسقاط صغير على قاعدة كل غضروف (الزائدة الصوتية) أن يتجه نحو الداخل، وهو نقطة الوصل للرباطات الصوتية مع حبالها المتصلة بها. تمتد الرباطات الصوتية والعضلة الدرقية - الطرجهارية التي تتصل بها بين زائدة الغضاريف الطرجهارية الصوتية في المؤخرة وزاوية الغضروف الدرقي العميقة في المقدمة. أنظر الشكل (4.35)، يسمّى الامتداد الأكبر لقاعدة كل غضروف طرجهاري بالزائدة العضلية لأنه يتصل بثلاث عضلات مهمة في تنظيم مكان الحبال الصوتية. تمتد الزائدة العضلية نحو الداخل وعلى نحو جانبي نسبياً.



الشكل 4.35: منظر علوي للحنجرة يظهر العلائق بين الغضاريف: الطرجهارية، والدرقي والحلقاني والعضلة الدرقية - الطرجهارية.

وقد سمّي الغضروف الأكبر، الغضروف الدرقي، بذلك لأنه يشبه القوقعة، ويقع في اتجاه داخل الغضاريف الطرجهارية التي يطوق أطرافها، وإلى أعلى الغضروف الحلقاني المتمثل بالصحيفة الخلفية الهلالية الشكل التي يطوقها أيضاً. وهو يشكّل زاوية في المقدمة أكثر حدة عند الرجال (90 ~) منها عند النساء (120 ~)، ومن هنا أتت وتفاحة آدم» بدلاً من «تفاحة حواء». هناك ثلمٌ (الشكل 4.36) حيث تنفصل الصحائف فوق الزاوية ويمكن تحديد موقعها من خلال تحسّسك خط الوسط في عنقك بالسبابة.



الشكل 4.36: الغضروف الدرقي. تمثل (A) الوجه السفلي، بينما تمثل (B) الوجه العلوي.

تنفصل الصحائف على نحو واسع في المؤخرة وتمتد إلى قرنين علويين وتتجه نحو قرني العظم اللامي في الأعلى. يتمفصل القرنان الصغيران في الداخل مع الغضروف الحلقاني في الأسفل من خلال تثبيتها حول وجه مدوّر صغير على كل جانب من الصحائف الحلقانية. يمكن لغضاريف الحنجرة أن تتحرك في علاقاتها فيما بينها إلى درجة محدودة. ويمكن للغضاريف اللامية والحلقانية التأرجح إلى الأمام والخلف فوق بعضها كما سنناقش فيما بعد عندما نتناول تغير درجة النغم. ويمكن للغضروفين الطرجهاريين الدوران والتأرجح على الغضروف الحلقاني ويمكنهما أن ينزلقا قليلاً أحدهما نحو الآخر، تضبط هذه الحركات العضلات المتصلة بالزائدة العضلية في الغضاريف الطرجهارية. وسنرى ذلك عند مناقشة علاقاتها بشأن ضبط الحبال الصوتية وتعديلها.

ضبط (تعديل) الحبال الصوتية أثناء الكلام
Vocal Fold Adjustment During Speech

تكون الحبال الصوتية مفتوحة في حالة الراحة مشكلة فراغاً مزمارياً على شكل ـ V ـ قمته خلف الغضروف الدرقي، وتقع أعظم نقطة فيه في المؤخرة حيث تتصل الحبال

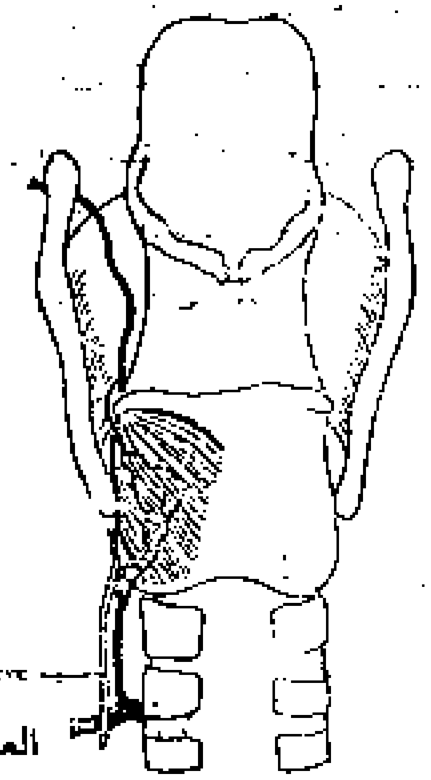
الصوتية بزائدة الغضاريف الطرجهارية الصوتية. تنفتح الحبال الصوتية، أثناء الكلام، في الأصوات الصامتة /s/ أو /t/، وتقترب من بعضها في الأصوات المجهورة كما في الصوائت والصوائت الثنائية. /i/, /u/ أو /ai/ في كلمات «two», /tai/, «tea», /ti/، و /tai/، وتكون أقل تقارباً في الأصوات الصامتة المجهورة كما في /z/ و /d/ حيث نحتاج للجهر بالإضافة إلى ضغوط هوائية عالية في التجويف الفمي انظر الشكل (4.37).

الشكل 4.37: منظر علوي للحنجرة، التقط بواسطة حزمة الياف في أوقات متعددة أثناء لفظ جملة. يظهر الشق «الفلع» المزماري الخلفي في الطرف السفلي اليمني في كل صورة. لاحظ المزمار المفتوح في الشكل الأول أو التنفس، والمزمار المغلق نسبياً في الصورة الثالثة من أجل الصائت، والمزمار المفتوح نسبياً في الشكل السادس من أجل صامت مجهور.

الصوامت غير المجهورة Voicelss Consonnants

يحدث أبسط تعديل في الحبال أثناء الكلام في الصوامت غير المجهورة، حيث تنفتح الحبال الصوتية على نحو واسع كي نحصل على حجم كاف من هواء الرئتين لإيجاد الضوضاء أو الضجيج المطلوب في التجويف الفمي. وعندما يتقدم الكلام، تنتشر الأصوات غير المجهورة في التيار الكلامي وحدانياً أو جماعات مطالبةً بفتح مزماري

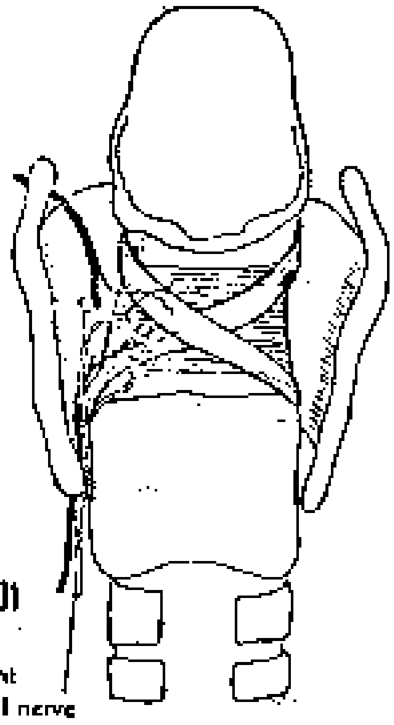
سريع بتخلل عملية الجهر. ويؤدي هذه الوظيفة أثنتان من العضلات الكبيرة المثلثة الشكل تتصلان من خلال أوتار بقمة الزائدة الصوتية في كل غضروف طرجهاري. وتلتف الخيوط العصبية على شكل مروحة عندما تمر إلى الخلف والأسفل كي تتصل بصحائف الغضروف الحلقاني الخلفية (الشكل 4.38).



الشكل 4.38: منظر خلفي للعضلة الحلقانية ـ الطرجهارية الخلفية. (على الرغم من ظهور عضلة واحدة، إلا أنه يوجد إثنتان منها).

تقوم العضلة الطرجهارية ـ الحلقانية الخلفية ـ سميت بذلك لموقعها وصلاتها ـ بتدوير الغضاريف الطرجهارية من خلال شدّ الزوائد العضلية من الوسط وإلى الأسفل، وتسبب، من ثم، فتح الزوائد الصوتية. يعصّب العصب المعاود، وهو فرع من العصب الجمجمي العاشر، هذه العضلة وكافة العضلات الخاصة بالحنجرة تقريباً.

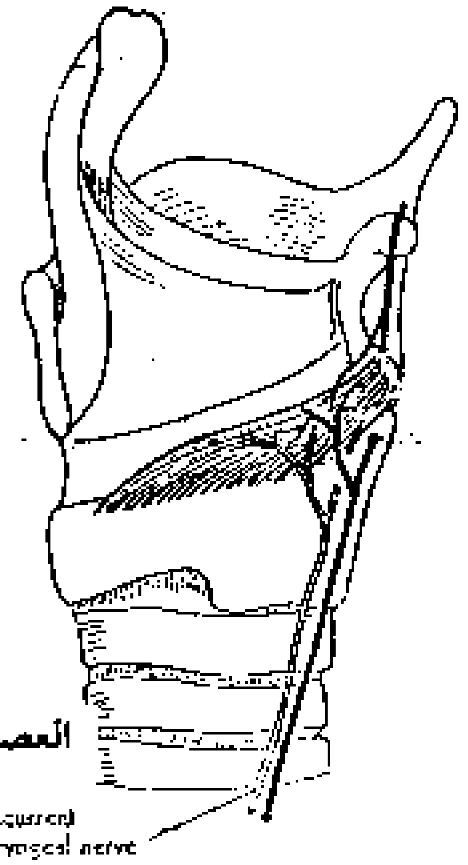
لا يمكن للحبال الصوتية المفتوحة أن تتذبذب، ولذلك يجب جلب الحبال الصوتية المفتوحة عادة باتجاه محورها أو إلصاق بعضها ببعض تقريباً من أجل إصدار أصوات الكلام المجهورة. ومن أجل التقريب بين الحبال الصوتية يجب التقرب بين الغضاريف الطرجهارية، وأن تتأرجح زوائدها الصوتية إلى الداخل بحيث يقابل بعضها بعضاً. هناك عصبة قوية من الخيوط العضلية تمشي أفقياً خلال الوجوه الخلفية للغضاريف الطرجهارية. وهذه العضلة الطرجهارية العرضانية متقلة بألياف عضلية على شكل X وتدعى العضلات الطرجهارية المائلة أو المنحرفة. أنظر (الشكل 4.39).



الشكل 4.39: منظر خلفي للعضلات الطرجهارية المائلة والمستعرضة. يشار إلى هاتين العضلية مجتمعتين بالعضلة الطرجهارية الوسطى.

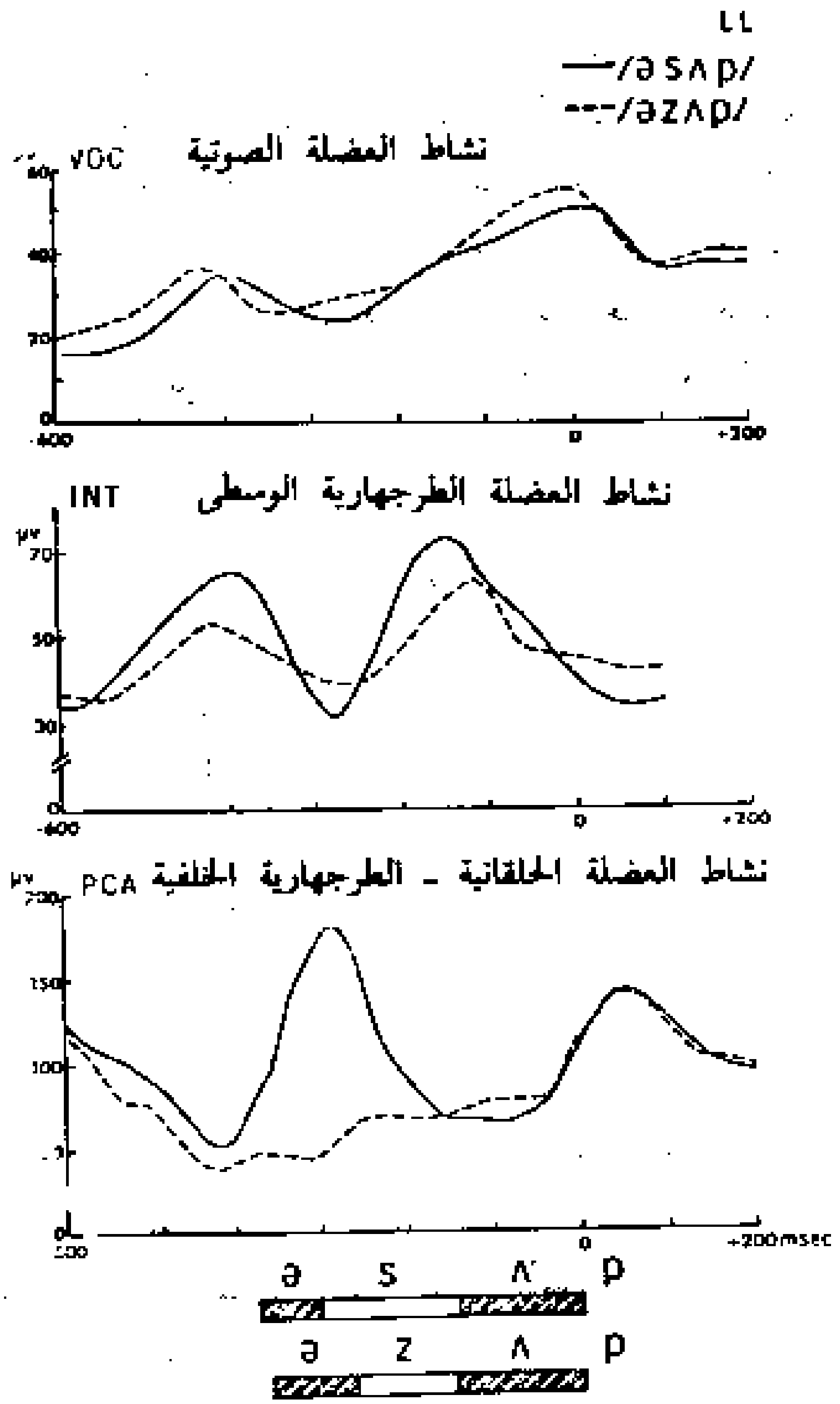
تسمى العضلة الطرجهارية المستعرضة مع العضلة الطرجهارية المنحرفة بـ (العضلة الطرجهارية الوسطى). حيث تقوم هاتان العضلتان بجرّ الغضاريف

الطرجهارية نحو محورها ومن ثم جرّ الحبال الصوتية. يعتقد أن الجاذب الأقوى أو الأساسي هو العضلة الطرجهارية الوسطى. وتساعد في جرّ الحبال الصوتية نحو محورها أرجحة الزائدة العضلية في الغضاريف الطرجهارية نحو الأمام والأسفل، فتضغط، من ثم، الزوائد الصوتية مقاربةً بينها. هناك أيضاً العضلات الطرجهارية الحلقانية الجانبية. الشكل (4.40). فمن أجل جر قوي للحبال الصوتية، كما هي الحال في إصدار الصوائت مثلاً، تُستخدم العضلات الطرجهارية ـ الحلقانية الجانبية مع العضلة الطرجهارية الوسطى.



الشكل 4.40 منظر جانبي للعضلة الطرجهارية ـ الحلقانية الجانبية. كما أزيل الطرف اليساري من الغضروف الدرقي.

أما في الأصوات الكلامية التي تتطلب ذبذبة الحبال الصوتية بالإضافة لمصدر صوتي فوق المزمار، فإن عملية جر الحبال الصوتية نحو محورها تكون أقل، وتفي العضلة الطرجهارية الوسطى بالغرض. لقد ميّز هيروز وجي (Hiros & Gay)؛ (الشكل 4.41) وظيفة العضلات الحنجرية من خلال قياس النشاط الكهربائي المولّد عندما تنقبض هذه العضلات. وسيناقش أسلوب التسجيل هذا (تخطيط العضل الكهربائي) في الفصل السادس.



الشكل 4.41: منحنيات تخطيط العضل الكهربائي موضوعة على الأصوات الاحتكاكية /z/ (الخط المتقطع) و /s/ (الخط غير المتقطع). فعلى الرغم من أن نشاط العضلة الصوتية (voc) هو متشابه في كلا الصوتين، نجد أن نشاط العضلة الطرجهارية الوسطى (INT) في (س) يقل خلال الوقت الذي يزداد فيه نشاط العضلة الحلقانية ـ الطرجهارية الخلفية (PCA) بشكل كبير.

تتألف الحبال الصوتية نفسها من (1) الرباطات الصوتية وهي الأطراف الثخينة للغشاء المخروطي المرن الناهض من الغضروف الحلقاني. و (2) العضلات التي تتصل بالرباطات وهي القسم الداخلي في العضلات الطرجهارية ـ الدرقية المعروفة عامة بـ «العضلات الصوتية». و (3) الغشاء المخاطي الذي يغطيها. تنبثق الرباطات الصوتية والعضلات الصوتية من نتوء في الغضروف الطرجهاري يعرف باسم «الزائدة الصوتية». وبسبب الغضروف تكون الحبال الصوتية قاسية في الخلف وأكثر مرونة في الأمام. تكون الحبال الصوتية ثخينة في حالة الاسترخاء، ومفتوحة على نحو متموج؛ ويتحرك الغشاء المخاطي على نحو مستقل تقريباً كقطعة جلدٍ مترهلة على ذراع متحركة. يمتد القسم الخارجي من العضلة الدرقية الطرجهارية إلى زائدة العضلة الطرجهارية العضلية ببعض الألياف الملتفة حول الغضروف الطرجهاري وتمتزج مع العضلات الطرجهارية الوسطى. ونحتاج إلى كثير من البحث لتمييز دور العضلات الطرجهارية ـ الدرقية الداخلية والخارجية في عملية النطق، لكن الرأي الشائع أنها تقوم بشد الحبال الصوتية.

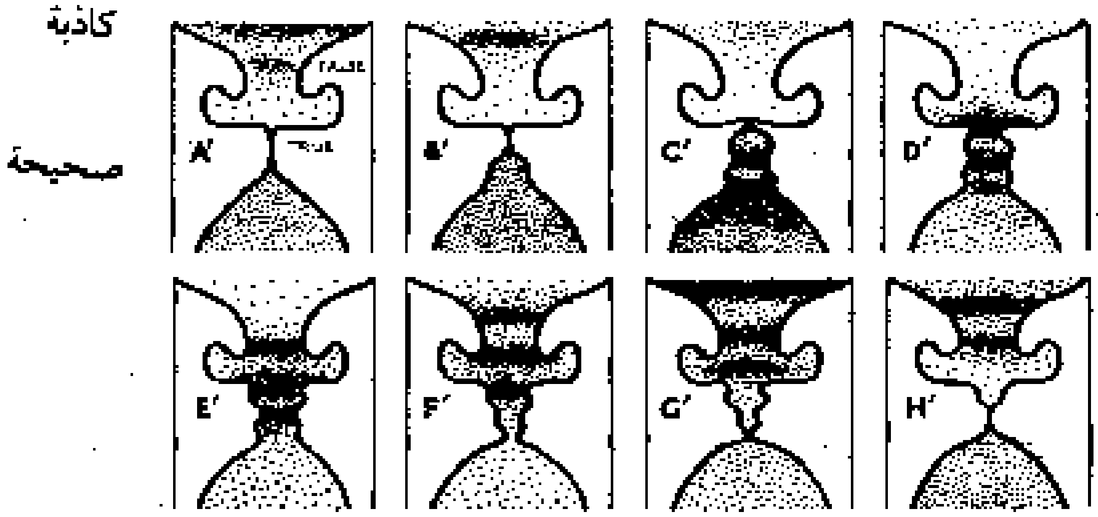
والنشاط العضلي مطلوب، فعلاً، لجر الحبال الصوتية وشدها كي يجهزها للذبذبة، لكن ذلك العمل لا يسبب الذبذبة نفسها. يجب عليك في (Bronx Cheer) أن تقرب شفتيك إحداهما من الأخرى، وذلك هو الجهد العضلي المطلوب. لكن الصوت نفسه يحدث نتيجة القوى الحركية المؤثرة في جسم شفتيك المرن. إن القوتين الحركتين اللتين تصدران ذبذبة الحبال الصوتية هما: «الضغط الهوائي التحتحنجري» ويرمز له بـ (Ps) المؤثر في قسم الحبال الصوتية السفلي، ويجبرها على الانفتاح، و «الضغط السلبي» الذي يحدث عندما يمرّ الهواء بين الحبال الصوتية (تأثير برنولي)، وهذان الضغطان السلبي والايجابي يضعان الحبال الصوتية في حالة الذبذبة بسبب مرونتها.

الضغط الهوائي التحتحنجري Subglottal Air Pressure

تأمل أولاً ضغط الهواء التحتحنجري الذي يفتح الحبال الصوتية. تخرج في كل فتحة دفقة صغيرة من الهواء، ويشكل هذا العدد الهائل من الرصاصات القذفية الهوائية موجة من الضغط مسموعة عند المزمار. والشرط القبلي للحصول على الجهر (Voicing)

هو أن يكون ضغط الهواء تحت الحبال الصوتية أكبر منه فوقها. فلو ارتفع الضغط فوق الحبال الصوتية على نحو ضاع معه الضغط اللازم عبر الزمار، يتوقف الجهر (ذبذبة الحبال الصوتية) عندئذ. جرب ذلك من خلال محاولة تطويل صوامت الوقف المجهورة مثل /b/: ستستطيع جَهر الصوت لفترة قصيرة فحسب لأن الإغلاق الشفوي في /b/ سيسبب في ارتفاع الضغط الهوائي خلف الشفتين حتى يساوي الضغط الهوائي التحتحنجري. وبما أنه لا يوجد الآن ضغط عالٍ تحت الحنجرة مقارنة مع الضغط الهوائي أعلاه، فلا يمكن للجهر أن يحدث. يمكن للضغط الهوائي التحتحنجري في مستوى المحادثة العادية، في طبقة من 7 - 10 سم من H_2O (سنتمترات من ضغط الماء)، أن يصدر صوتاً بشدة قدرها 60 ديسبل تقريباً.

يمكن ملاحظة تأثير الضغط الهوائي التحتحنجري الكافي لفتح الحبال الصوتية في الشكل (4.42) وهو مخططات بيانية من فلم يصور حنجرة تتذبذب.

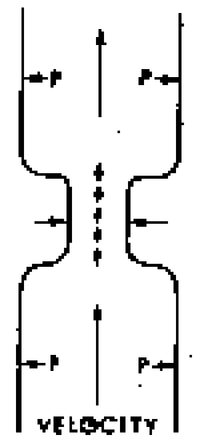


الشكل 4.42: مقاطع عرضانية بيانية للحبال الصوتية أثناء الذبذبة. يمكن رؤية انفتاح الحبال الصوتية وانغلاقها من الأسفل إلى الأعلى.

حيث تبدأ الحبال الصوتية بالانفتاح من الأسفل، ويتقدم الانفتاح باتجاه الأعلى. وفي اللحظة التي ينفتح فيها القسم الأعلى، يمكن مشاهدة القسم السفلي وهو ينغلق. نجد أن هناك فرقاً في الطور بالاتجاه العمودي يخلق حركة شبه موجية للحبال الصوتية، وهي الحركة العادية خلال الذبذبة في الصوت الصدري. أما إذا تكلم المتكلم أو غنى بطبقة صوتية عالية، فإنّ اختلاف الطور العمودي يتبدد عندئذ، ويتحرك كل حبل صوتي مشدود بنفسه بوصفه وحدة مستقلة ويكون طور إغلاق كل دورة نتيجة ظاهرة حركية ثانية مهمة للجهر وهي هبوط الضغط نتيجة مبدأ «برنولي».

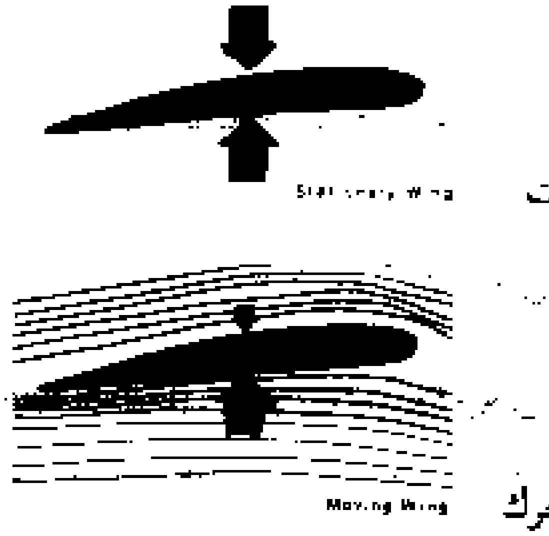
مبدأ (تأثير) برنولي **Bernoulli Effect**

طور دانييل برنولي (Daniel Bernoulli)، وهو رياضي وفيزيائي عاش في سويسرا في القرن الثامن عشر، وكان والده وعمه عالمين ورياضيين متميزين، نظرية الغازات والسوائل الحركية، التي يعرف قسم منها بمبدأ برنولي. يعتمد مبدأ برنولي على الملاحظة القائلة إن سرعة التيار السائل أو الغاز تتزايد عندما يمر في ممر ضيق. يمكن صياغة مبدأ برنولي ببساطة على النحو التالي: ينتج عن زيادة السرعة هبوط في الضغط الذي تبذله جزئيات الغازات أو السائل ويكون انخفاض الضغط عمودياً مع اتجاه الجريان أو السريان، يوضح الشكل (4.43) تزايد السرعة في قسم ضيق في ممر؛ والهبوط الناتج في الضغط ضد الجدران الجانبية:



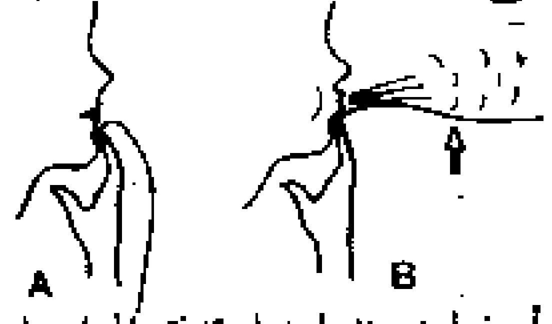
الشكل 4.43: مخطط بياني للتدفق عبر ممر ضيق. تتزايد السرعة في المضيق، لكن الضغط الخارجي على جدران المضيق غير موجود (غائباً).

يُصمم جناح الطائرة التقليدي على نحو يستفاد منه من مبدأ برنولي في رفع الطائرة. يُصنع الجناح على نحو يكون فيه الوجه العلوي أكثر انسيابية، أنظر الشكل (4.44)، مما يسمح بتيار هوائي عالٍ السرعة مقارنة مع التيار الهوائي الذي يمر أسفل الجناح.



الشكل 4.44: القوى الديناميكية الهوائية الفاعلة في جناح الطائرة (راجع النص لمزيد من التفاصيل).

ينتج عن السرعة العالية هبوط في الضغط مقابل السطح الأعلى، مما يخلق هو نفسه اختلافاً بين الضغوط، تحت الجناحين وفوقهما، يسبب ارتفاع الطائرة في نهاية المطاف. ويمكنك رفع قطعة من الورق مستخدماً المبدأ نفسه، من خلال المسك بأحد طرفيها تحت شفتيك ونفخ الهواء عبر سطحها العلوي، الشكل (4.45).



الشكل 4.45: توضيح لمبدأ برنولي: عندما يزداد تدفق الهواء على سطح الورقة العلوي بسبب النفخ، يكون الضغط أقل على السطح العلوي منه في السطح السفلي مما يسبب في ارتفاع الورقة.

إننا نجرب أو نلاحظ الظاهرة البرنولية باستمرار. فعندما يهب تيار هوائي عبر ممر ضيق، تنغلق الأبواب المنفتحة على القاعة بعنف لأن ضغط الهواء على الأبواب من جهة القاعة أدنى منه من جهة الغرفة نفسها. ولو كنت مرة في سيارة خفيفة تتجاوز بسرعة سيارة شحن كبيرة على طريق سريع، وشعرت بأن سيارتك تنجذب بقوة باتجاه الشاحنة، فإن مردّ ذلك إلى أن تيار الهواء الأسرع الناتج بين سيارتك والشاحنة قد قلّل الضغط مقابل جهة الشاحنة من سيارتك بالمقارنة مع الجهة الأخرى.

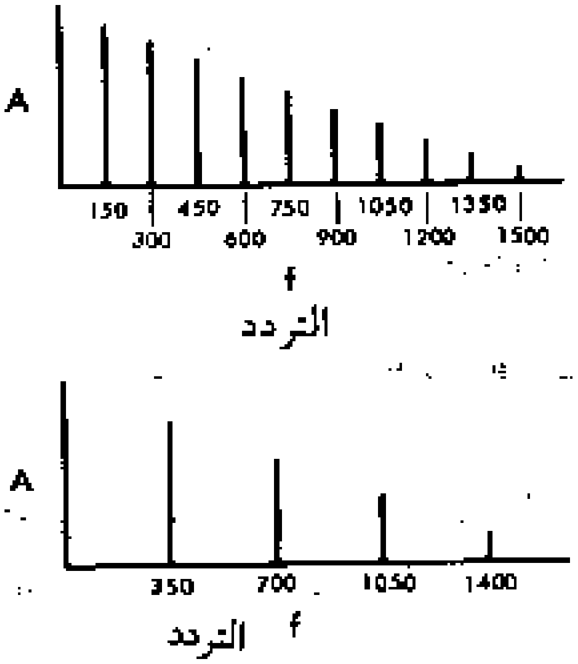
ذبذبة الحبال الصوتية Vocal Fold Vibration

إن كل دورة من ذبذبة الحبال الصوتية، أثناء الجهر، هي نتاج الضغط الهوائي التحتحنجري، الذي بني على نحو كافٍ وفعال لفتح الحبال الصوتية، ومبدأ برنولي الذي يفسّر هبوط الضغط المفاجىء مقابل الجوانب الداخلية لكل حبل ويجذبه نحو محوره مرة أخرى عندما يندفع الهواء خلال المزمار بسرعة متزايدة. والعملية ممكنة بتمامها بسبب مرونة الحبال الصوتية نفسها. فمرونتها لا تسمح لها بالانفتاح في كل دورة فحسب، بل إن قوة الإعادة المرنة (القوة التي تعيد أي جسم مرن إلى مكانه في حالة الراحة) تعمل وفقاً لمبدأ برنولي في إغلاق الحبال في كل دورة من الذبذبة.

تتحرك الحبال الصوتية على نحو دوري تماماً. ففي إصدار الصوائت المطوّلة، على سبيل المثال، تنفتح الحبال الصوتية وتنغلق في نمط معيّن في حركة تكرر نفسها. يصدر هذا العمل عدداً هائلاً من الدفقات الهوائية الصغيرة التي تصدر هي نفسها موجة ضغطية مسموعة عند المزمار. وهذه الموجة الضغطية هي دورية أيضاً حيث يكرر النمط نفسه. ومثل كافة الأصوات الدورية المركبة، فإنه (الموجة الضغطية) تحتوي على توافقيات. إنها تتألف من تردد أساسي وعدة مضاعفات لذلك التردد الأساسي. والتردد الأساسي هو عدد الفتحات المزمارية في الثانية.

والجهر الإنساني ذو تردد منخفض مقارنة بمعظم أصوات العالم المحيطة، بما في ذلك الأصوات الأخرى التي يصنعها الإنسان فوق حنجرته. وبما أن الجهر الإنساني

يحتوي على عدة توافقيات[1]، فإنه صوت مركب أيضاً. ولا يمكننا أن نسمع ذبذبة الحبال الصوتية مفردةً مطلقاً لأنها في الوقت الذي تبلغ فاه المتكلم تكون قد تغيرت في المجرى الصوتي. ولو قمنا بإدخال مذياع «ميكرفون» صغير إلى الحبال الصوتية، فإننا سنسجل صوتاً يمتلك طيفاً يشبه ذلك في الشكل (4.46).



الشكل 4.46: طيفان بيانيان لأصوات ناتجة عن ذبذبة الحبال الصوتية. يمثل الطيفان تردّدي نطق مختلفين، ولذلك نجد الفراغ الذي يفصل بين التوافقيات مختلفاً.

ينشيء التردد الأدنى، تردد الذبذبة نفسها، وتوافقياً ثانياً (تردده ضعف التردد الأساسي) وتوافقياً ثالثاً (تردده يساوي ثلاثة أضعاف التردد الأساسي) وهلم جرا. لاحظ أن إحدى سمات الصوت البشري هي أن التوافقيات الأعلى تتمتع بشدة أقل من التوافقيات الأدنى. ولذلك فإنه رغم احتواء الجهر على العديد من مكونات الترددات العالية، يبقى التأكيد على الترددات الدنيا. تهبط الشدة بمعدل12 ديسبل في الثماني[2] الواحد (كل مضاعفة في التردد).

(1) توافقية: مركبة جيبية لموجة دورية يكون ترددها مضاعفاً صحيحاً للتردد الأساسي.

(2) الثماني: البعد بين ترددين لهما نسبة (2) إلى (1). فاصل بالطبقة الصوتية بين نغمتين بحيث يمكن النظر إلى أحدهما وكأنه نسخة مطابقة للمضمون الموسيقي الأساسي الثاني ذي الطبقة الصوتية التالية. يكون للأصوات المكونة لهاتين النغمتين، إذاً، نسبة تردد (2) إلى (1).

هناك خلاف جوهري بين جهرٍ ذي تردد منخفض وجهرٍ ذي تردّد مرتفع يرجع إلى الاختلافات في موقع التوافقيات. يظهر الشكل (4.46) هذا الاختلاف. فمثلاً سيمتلك طفل ذو صوت تردده الأساسي 350 هرتز التوافقي الثاني عند التردد 700 هرتز والثالث عند 1050 هرتز والرابع عند 1400 هرتز. ومقابل ذلك سيمتلك رجل ذي تردد أساسي قدره 150 هرتز التوافقي الثاني عند 300 هرتز، وسيناظر توافقيه التاسع توافقي الطفل الرابع تقريباً. وعلى النحو نفسه يقوم شخص بمفرده بتغيير مواقع التوافقيات عندما يعدل تردد صوته. لاحظ، في الشكل، أن شكل الطيف وانحداره يبقيان متشابهين عند الطفل وعند الرجل.

التردد الأساسي Fundamental Frequency

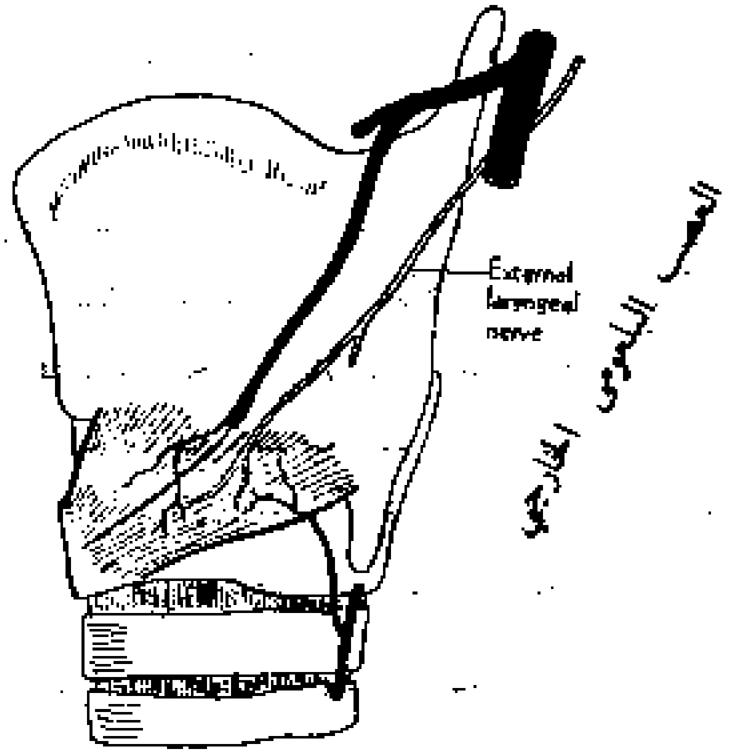
يتألف الصوت الإنساني من عدة ترددات. إنه نغمة مركبة. يدرك المستمع أدنى الترددات، التردد الأساسي، على أنه طبقة صوت المتكلم. ويتغير التردد الأساسي باستمرار كما نعرف ذلك عندما نستمع إلى نمط تنغيمي في جملة ما. تمتلك جملة «Are you sure» نمطاً تنغيمياً (طبقة صوت) صاعداً، بينما تمتلك جملة «I'm sure» نمطاً تنغيمياً هابطاً. يصدر المتكلم هذه الأنماط المختلفة من خلال تغيير التردد الأساسي لذبذبة حباله الصوتية.

ووفقاً لنظرية الصوت الحركية المرنة، فإن تردد ذبذبة الحبال الصوتية تقرره مرونة الحبال الصوتية وتوترها، وكتلتها. حيث تتذبذب الحبال الأكبر (الأطول والأثخن) بتردد طبيعي أقل من الحبال الصوتية الأقصر والأثخن، وتتذبذب الحبال الصوتية الأكثر مرونة بترددات أعلى لأنها ترجع إلى وضعها العادي بسرعة أكبر. وتتذبذب كذلك، الحبال الصوتية المشدودة على نحو أكبر من الحبال الصوتية الرخوة. والطريقة الأساسية في جعل زوج من الحبال الصوتية أكثر توتراً هي مدهما أو شدهما أكثر.

ربما لاحظت أن الحبال الصوتية الأطول تسهم في كتلة متزايدة وتردد أساسي منخفض في الحالة الأولى وإلى توتر متزايد وتردد أساسي مرتفع في الحالة الثانية. والسبب في ذلك هو أن زوجاً طويلاً من الحبال الصوتية (مقارنة مع متكلمين آخرين) يمتلك كتلة

أكبر، ويصدر صوتاً ذي ترددات أقل. فترددات أصوات الرجال أقل من ترددات أصوات الأطفال، ورغم ذلك فإن تطويل الحبال الصوتية، عند المتكلم نفسه، سوف يمدُّ وينحف القسم المتذبذب المؤثر في الحبال الصوتية، مضيفاً توتراً يصدر تردداً أساسياً أعلى. إن زوج العضلات المسؤول عن تمديد الحبال الصوتية، وعن ضبط تغيير التردد الأساسي هو العضلات الحلقانية ـ الدرقية.

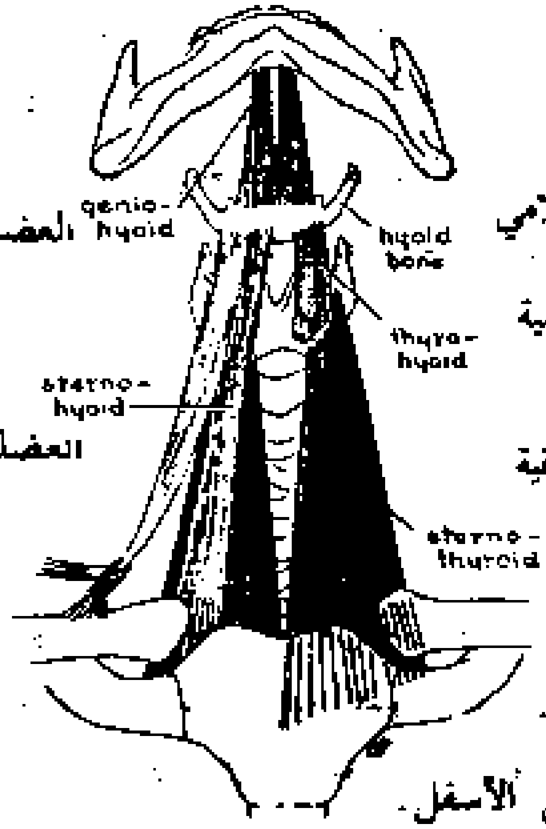
وبما أن الحبال الصوتية تقع بين الغضاريف الدرقية والغضروفين الطرجهاريين، فإن طريقة مدّ الحبال الصوتية تتم من خلال توسيع المسافة بين هذه الغضاريف. يمكن للغضاريف الحلقانية ـ الدرقية أن تفعل ذلك تماماً وبما أنها تتصل بطرف الخاتم الحلقاني وتصعد (يصعد جزء منها على نحو مستقيم والآخر بزاوية مائلة) إلى الغضروف الدرقي، فإن انقباضها سوف يجذب الغضروفين أحدهما نحو الآخر من خلال رفع قوس الغضروف الحلقاني الداخلي باتجاه الغضروف الدرقي. وقد شُبه إغلاق الفراغ بين القوس الحلقاني ومقدمة الغضروف الدرقي بإغلاق مقدّم الخوذة في بدلة درعية. يظهر الشكل (4.47) موقع العضلات الحلقانية ـ الدرقية في القسم الخارجي لكل طرف من الحنجرة.



الشكل 4.47: منظر جانبي للعضلة الحلقانية ـ الدرقية.

إن التأثير الذي يحدثه انقباضها في رفع مقدمة الغضروف الحلقاني هو إمالة الصحن الخلفي للغضروف الحلقاني باتجاه الخلف. وبهذه الطريقة تجري الغضاريف الطرجهارية فوق الغضروف الحلقاني وتمتد الحبال الصوتية. وقد سمى ڤان دين بريج (Van Den Berg) تأثير العضلة الحلقانية ـ الدرقية هذا بالتوتر الطولاني. يعصّب العصب البلعومي الأعلى العاشر (العصب التائه) وهو العصب القحفي العاشر العضلة الحلقانية ـ الدرقية خلافاً لكافة عضلات الحنجرة الأخرى التي يزودها بالأعصاب العصب المرتد (وهو فرع آخر من العصب التائه).

تضاعف إضافة التوتر الطولاني في الحبال الصوتية التردد الأساسي الذي تتذبذب به، على الأقل في معظم طبقة الترددات المستخدمة في الكلام. أما في الترددات القصوى، فمن المعتقد أن آليات أخرى تستخدم في ضبط طبقة الصوت. فعلى سبيل المثال تستخدم العضلة الحلقانية ـ الدرقية في الترددات المرتفعة، كتلك المستخدمة في صوت الغناء المرتفع النغمة، للحصول على زيادة أكبر في التوتر على الرغم من عدم إمكانية أي تطويل أكبر حيث تنشد الحبال الصوتية بشدّة كبيرة وتفقد حركتها الشبيهة بالحركة الموجية العادية وتتذبذب الرباطات الصوتية على نحو يشبه ذبذبة الأوتار تقريباً.



الشكل 4.48: منظر لعضلات الرقبة الشريطية. منظر داخلي من الأسفل.

أما في حالة الترددات المنخفضة جداً، فتكون العضلات المحيطة بالرقبة (وخصوصاً العضلة القصية اللامية) مسؤولة على نحو كبير عن تخفيض التردد الأساسي أنظر الشكل (4.48) (في الصفحة السابقة) وربما لاحظت أن الحنجرة تصعد قليلاً أثناء ركوب الطائرة العمودية بسبب الترددات العليا، وتهبط في الرقبة على نحو ملحوظ أكثر في الترددات المنخفضة. ويعتقد بعضهم أن هذه الحركات تضيف توتراً عمودياً إلى الأغشية التي تشكل بطانة الحنجرة والرغامى في الأسفل. سيؤثر التوتر العمودي المتزايد في المخروطية المرنة أثناء الرفع البلعومي وانخفاض التوتر العمودي في حالة الانخفاض البلعومي في الحبال الصوتية. وينبثق الغشاء المخروطي المرن من الغضروف الحلقاني ويصعد في خط وسطي باتجاه الحبال الصوتية حيث يشكل طرفه الثخين الرباط الصوتي.

ومصدر آخر لشد الحبال الصوتية هو التوتر الداخلي الممكن نتيجة انقباض العضلات الدرقية - اللامية نفسها، وخاصة الأقسام المتذبذبة المعروفة بالعضلات الصوتية. ونحتاج إلى كثير من البحث لتوضيح التداخل بين الإسهامات العضلية وغير العضلية في تغيير التردد. وقد أشار أتكنسن (Atkinson) إلى أنه يمكن للإسهام النسبي أن يتغير في طبقة التردد الأساسي عند الشخص نفسه.

يبدو أن التردد الأساسي يتأثر تأثراً بالغاً بتطبيق شد طولاني كبير أو صغير في الحبال الصوتية بوساطة العضلات الحلقانية - الدرقية؛ ويتأثر على نحو ثانوي بالتعديلات كتطبيق توتر عمودي كبير أو صغير في الحبال الصوتية من خلال العضلات التي يمكنها رفع (العضلات فوق اللامية) أو خفض (تحت اللامية) الحنجرة، أو من خلال تطبيق توتر ذاتي صغير أو كبير في العضلات الصوتية نفسها أو من خلال تغيير الضغط التحتحنجري.

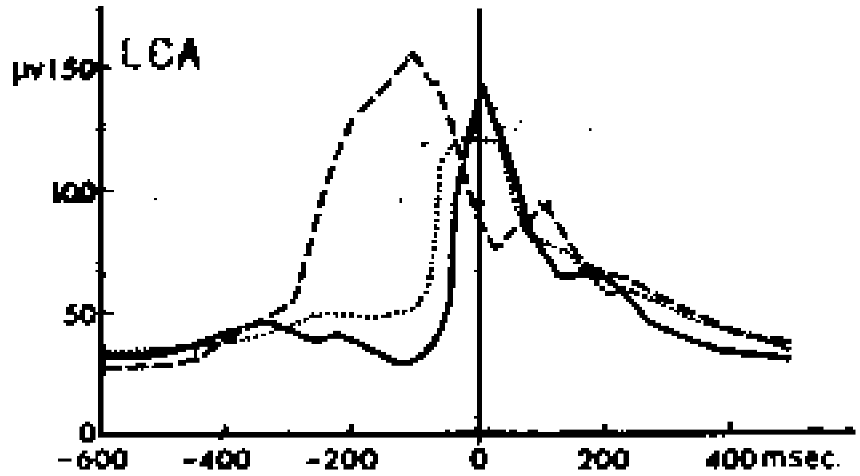
جرس الصوت Voice Quality

ينشأ معظم ما يميز صوتاً عن آخر عن تأثيرات الفجوات المرنانية والتراكيب فوق الحنجرة، لكن هناك جزءاً مما يسمى صفة الصوت أو جرس الصوت مبعثه الطريقة التي تتذبذب فيها الحبال الصوتية نفسها. إن أحد الاختلافات الواضحة بين الأصوات هو

التردد الأساسي الذي يدركه الناس على أنه النغمة أو طبقة الصوت. وتتعلق بعض الاختلافات الأخرى بدرجة قرب الحبال الصوتية بعضها من بعض أو بالشواذات الموجودة على طول حواف الحبال الصوتية. فلو شُل أحد الحبلين الصوتيين أو كلاهما، لوجب، عندئذٍ، صنع تعويض بسبب في الذبذبة إن كان ذلك ممكناً. يمكن في بعض الأحيان تمرين أحد الحبلين الصوتيين للتحرك إلى أكثر من نصف المسافة كي يلاقي الحبل الآخر المشلول. ولو أزيلت الحنجرة بكاملها أو جزء منها بعمل جراحي، بسبب السرطان، لوجب على المتكلم، عندها، أن يتعلم ذبذبة بعض الأنسجة والكتل العضلية الأخرى مثل النسيج الضامر أو العضلة الحلقانية ـ الحنجرية. حيث يلجأ بعض المتكلمين الذين فقدوا حناجرهم (انتزعت حناجرهم) إلى مصدرٍ صوتي صناعي يمكونه خارج الرقبة. وينتج هذا صوتاً بخاصية أو جرس صنعي آلي.

تعتمد اختلافات الخاصية على أنماط مختلفة من ذبذبة الحبال الصوتية. حيث يمكن إصدار الصوت التنفسي (Breathy) الذي كان مشهوراً عند بعض نجوم السينما والمشاهير في الخمسينيات من خلال الفشل في جر الحبال الصوتية على نحو كافٍ كما هي الحال في إصدار الصوت الطبيعي. وتكون الحبال الصوتية متقاربة على نحو يمكنها من الاهتزاز، لكن صوت الهواء المستمر المطرود من الرئتين يصحب الموجة الصوتية المتحركة بوابل من دفقات الضغط الهوائي الصغيرة. وسبب الصوت الأجش (Hoarse) هو شواذ في الحبال الصوتية. فعندما تنفتح الحبال الصوتية وتلتهب، كما هي الحال في التهاب الحنجرة أثناء البرد، يصبح الصوت أجشّ. ويمكن للجشاشة أن تكون دلالة على أذىً أو خلل صوتي؛ إما بسبب توتر شديد تتعرض له الحنجرة يسبب التصاقاً قرحياً، أو بسبب آفة أو مرض يصيب الغضاريف الطرجهارية التي تضرب بعضها بعضاً بعنف، أو من الاستخدام الزائد للصوت كما يحدث كثيراً عند النساء، وعند بعض الرجال، أحياناً، مما ينشأ عنه عقيدات على طول الحبال الصوتية. ولا يمكن تشذيب الأصوات ذات الترددات المنخفضة جداً التي تسمى، أحياناً «الخشخشة الصوتية»، (Vocal Fry) أو الصوت الصريري (مصطلح لاذا فوجد) (Creaky Voice)، إلا أنها تساعد على التوضيح، وتظهر ما يحدث أثناء الذبذبة الصوتية. فلو شددت حنجرتك وذبذبتَ حبالك الصوتية بتردد منخفض للغاية، لأمكنك، عندئذٍ، أن تسمع الطلقات الإفرادية للصوت المتحرك مع كل دفقة من الهواء.

إن إحدىٰ خاصيات بعض الأصوات المتعلقة بالجرس هي الطريقة التي يبدأ فيها بعض المتكلمين الذبذبة الصوتية، ويتطلب الاستخدام الأمثل للصوت أن تكون بداية الذبذبة تدريجية وبذلك تبقى سعة الموجة من خلال الدورات الأولىٰ القليلة نحو الشدة المطلوبة. يبدأ بعض المتكلمين الصوت بما يسمىٰ الهجوم المزماري (أو أحياناً هجوماً مزمارياً خشناً). يحدث هذا عندما تكون الحبال الصوتية مشدودة بقوة قبل بداية الذبذبة مباشرة. وتبدأ الدورات الأولىٰ من الذبذبة بسعة كاملة (عالية)، وتحدث عندئذٍ، دفقة هوائية مشابهة لدفقة الصوت الإنفجاري /b/ أو /g/. ولكنها تصدر في المزمار. ويرمز لها بـ [?]. فبدلاً من قول [ai] يصدر الشخص [?ai]. وقد زار المغني الأمريكي المشهور بيلافونت (Harry Belafonte) للمستشفى عدة مرات وهو في قمة شهرته لإزالة العقد الصوتية من حباله الصوتية التي سببها الهجوم المزماري. وقد أظهر (هيروس Hirose) و (جي Gay) أن الهجوم المزماري ترافقه زيادة في نشاط العضلات الحلقانية ـ الطرجهارية الجانبية التي تضغط على مركز الحبال الصوتية. أنظر الشكل (4.49).

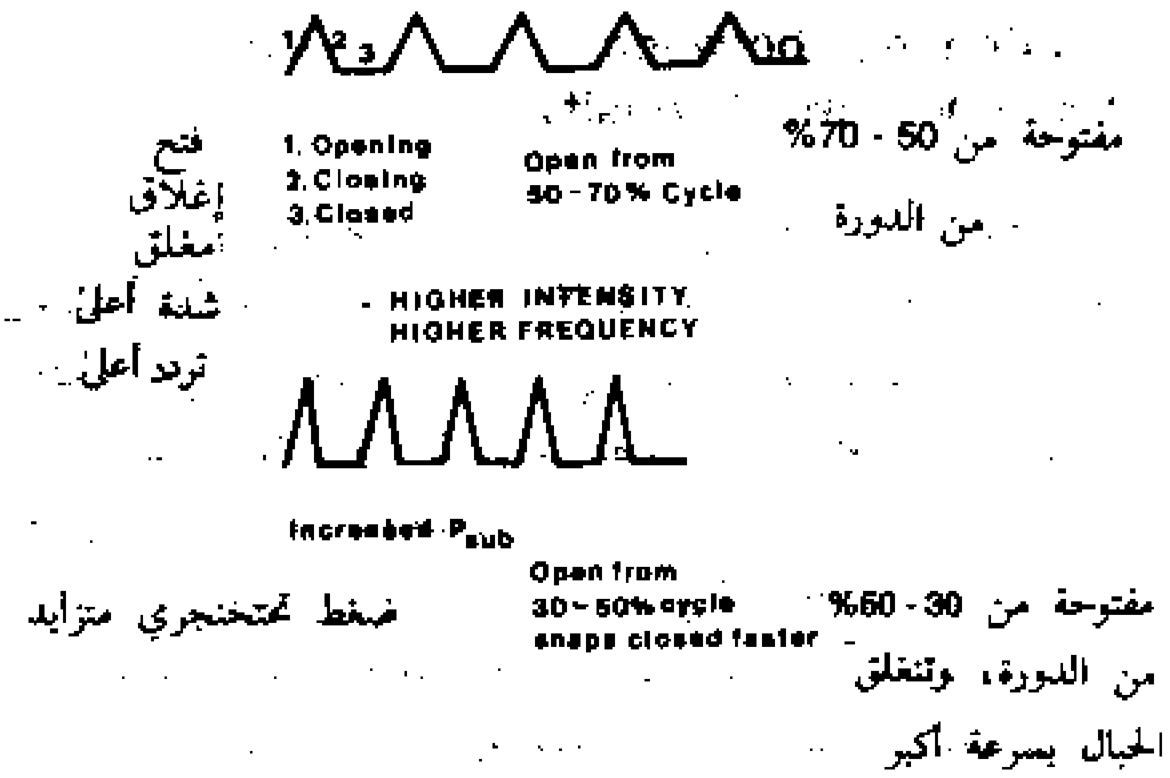


الشكل 4.49: مقارنة بين أنماط نشاط العضلة الحلقانية ـ الطرجهارية الجانبية (LCA) في أنواع مختلفة من الهجوم. أشير إلى بداية الصائت بـ «0». يكون أول النشاط في الهجوم المزماري (الخط المتقطع)، يليه الهجوم الجهري (الخط المنقط)، ويأتي في الدرجة الأخيرة الهجوم الصامت المهموس (الخط الصلب).

العلاقة بين التردد والشدة Relationship between Frequency and Intensity

لقد رأينا أنه يمكننا زيادة شدّ الحبال الصوتية من خلال زيادة ضغط الهواء التحتحنجري وترك كافة الأشياء الأخرى ثابتة. إلا أنه، على أية حال، إذا ازداد الضغط الهوائي التحتحنجري من دون تعديلات عضلية في الحبال الصوتية، فإن الشدة، وكذا التردد الأساسي، سوف يزدادان. ولو أن شخصاً يصدر نغمة ثابتة ولُكِم بلطف على معدته، فإن جهارة النغمة لا تزداد فحسب، بل تزداد طبقة صوتها أيضاً. ويمكن أن يكون مبعث ارتفاع طبقة الصوت توترٌ انعكاسيٌ (لا إراديٌ) في الحبال الصوتية أو ازدياد ضغط الهواء التحتحنجري الذي نشأ عنه إغلاق الحبال الصوتية بسرعة أكبر بسبب مبدأ برنولي، وعندما يتكلم إنسان، وهو في نهاية نَفَسه، فإن (F_0) يهبط على نحو طبيعي، وتهبط الشدة أيضاً بحوالي 2 - 7 هرتز في السنتمتر من نقص في H_2O. لكنه يمكن للمتكلم على أية حال، أن يعكس هذا الإنسجام. فلو أراد مطربٌ أن يزيد الشدة، ويبقي على (F_0)، فإنه يجب عليه، عندئذٍ، أن يخفف مقاومة الهواء في الحبال الصوتية إما بإرخاء العضلة الحلقانية ـ الدرقية إلى حدّ ما وإما بتخفيف التوتر العضلي الداخلي من خلال إرخاء العضلة الحلقانية ـ الطرجهارية، وعلى نحو مماثل أيضاً فإنه عند السؤال «Are you sure» يجب على المتكلم، كي يشير إلى صيغة السؤال بتردد أساسي صاعد، أن يعمل على عكس الهبوط الطبيعي في التردد في نهاية المجموعة التنفسية من خلال زيادة نشاط العضلة الحلقانية ـ الدرقية، أو شد الحبال الصوتية، وعليه في الوقت نفسه أن يضاعف نشاط العضلات البين ضلعية الداخلية كي يعطي نبرة إضافية لكلمة (sure).

إن سبب الشدة الصوتية هو المقاومة الكبيرة (بوساطة الحبال الصوتية) لتيار الهواء المتزايد؛ حيث تنفتح الحبال الصوتية على نحو أوسع مما يسمح لدفقة كبيرة من الهواء تحرك هي نفسها موجة ضغطية صوتية بسعة كبيرة. ولا تنفتح الحبال الصوتية على نحو أوسع في كل دورة من الذبذبة في الشدة المتزايدة؛ ولكنها تبقى مجرورة باتجاه محورها لقسم أكبر من الذبذبة في كل دورة. يظهر الشكل (4.50) مخططاً بيانياً للتغيرات الحاصلة في الحبال الصوتية مع التغيرات الحاصلة في شكل الموجة.



الشكل 4.50: مخطط بياني لحركة الحبال الصوتية أثناء الجهر. تبقى الحبال الصوتية، في حالة الضغط الهوائي التحتحنجري المرتفع، مغلقة لقسم أكبر من الدورة التذبذبية، وتنغلق بسرعة أكبر. وبالتالي تزداد الشدة بالإضافة إلى التردد.

الخلاصة Summary

لقد رأينا أن عملية النطق عملية «ديناميكية» تتغير أثناء الكلام الجاري في مستويات الشدة والتردد والجرس. ونتاج العملية الصوتية تيار سمعي سريع مؤلف من سكون، وأصوات دورية وضجيج. ويتمتع التغير من حالات الجهر وإليها وعدمه بصعوبة باللغة بالنسبة للمتكلمين. ونتيجة لذلك، يبدّل المتكلمون العاديون لحظات الجهر. فعلى سبيل المثال: نقول [kaets], cats) بـ (س) مهموس (لا ترافقها ذبذبة في الحبال الصوتية)، ولكننا نجد من الأسهل، بعد صوت انفجاري مجهور، الاستمرار في ذبذبة الحبال الصوتية، ونغير (س) إلى (ز) كما في ([dogz], dogs)، ومثال عدم قبول هذه الرغبة أو الميل ما نجده في لفظ [gasddlin] بدلاً من [gasddlin] في كلمة (gasoline). ومثال آخر للصعوبات الموروثة في التغير السريع من حالات الجهر إلى عدمه نجده عند المصابين بالفأفأة. ويكمن القسم الأكبر من الفأفأة في عدم المقدرة على التنسيق السهل والناعم

للنشاط العضلي اللازم لفعل هذه التنقلات السريعة. فيمكن للطفل الذي يحاول نطق إسمه (Sam)، أن يطول [s] ويقول [s:am] أو أن يكرر [s,s,s - s]. والحق أنه لا يفأفىء [s]، بل يصدر [s] على نحو جيد ولكنه يفشل في التنقل السريع الناعم للفظ الصائت [æ].

يجب تنسيق النطق مع التنفس. ويجب ربط الأوامر الحركية القادمة إلى الحنجرة بتلك القادمة إلى الجهاز التنفسي. فعندما نأخذ نفساً للتكلم؛ ينفتح المزمار بسرعة قبل أن يتوسع الصدر، وعندما تنجذب الحبال الصوتية من أجل الجهر، يتزامن الفعل مع الزفير تماماً. يلخص الجدول (4.3) منظومة الحوادث في ذبذبة الحبال الصوتية من النبضات العصبية إلى النتائج في ضغط الهواء والحركات. تتجه الأسهم من اليسار إلى اليمين للإشارة إلى التعديلات العضلية، بينما تتجه من اليمين إلى اليسار في حالة القوى الحركية - الهوائية.

الجدول 4.3 مخطط بياني يلخص الأحداث أثناء الجهر.

تعني المختصرات المستخدمة في هذا الجدول الآتي: PCA = العضلة الحلقانية - الطرجهارية الخلفية. IA = العضلة الطرجهارية الوسطى. LCA = العضلة الحلقانية - الطرجهارية الجانبية. VOC = العضلة الصوتية. CT = العضلة الحلقانية - الدرقية.

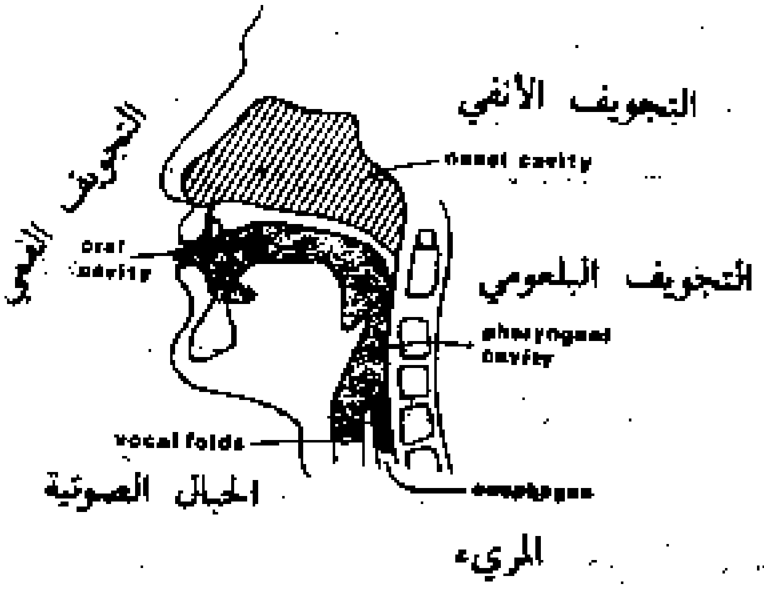
حركة الهواء	ضغط الهواء	حركات العضلات	العضلات	الأعصاب القاعدية
يدخل الهواء إلى الرئتين عن طريق الحنجرة		فتح الحبال الصوتية قبل توسيع الصدر	PCA	القحفي العاشر (المبهم العاشر) الفرع المعاود
	يرتفع الضغط التحتحنجري يهبط الضغط عبر المزمار	انجذاب الحبال الصوتية	IA	
	الضغط التحتحنجري > من الضغط الفوق حنجري	ضغط منتصف الحبال الصوتية	LCA	
		توتر حقيقي (جوهري)	VOC	
	يساعد توتر الحبال الصوتية الضغط التحتحنجري	توتر طولاني	CT	القحفي العاشر (المبهم العاشر) الفرع الخارجي للعصب الحنجري
	يتغلب الضغط التحتحنجري على مقاومة الحبال الصوتية	تنفتح الحبال الصوتية		
تتحرر نفثة (دفقة) من الهواء				
	يعاكس الضغط السلبي الحبال الصوتية بتزايد سرعة الهواء (مبدأ برنولي)	تنجذب الحبال الصوتية نحو محورها ثانية		
ينقطع تيار الهواء تتحرر دفعة أخرى من الهواء	يبقى الضغط الفوق حنجري ثانية	تنفتح الحبال الصوتية		

دعنا نستعد ما ذكرناه مقدماً، يمكن للهواء الخارج من الرئتين أن يخرج من الحنجرة ويزودنا بالقدرة اللازمة للأصوات الصادرة فوق الحنجرة كما في الصوت المهموس (s)، أو أن يقطّع إلى قطع هوائية صغيرة في الحنجرة المتذبذبة مسبباً إصدار صوت دوري. ومهما يكن فإن الصوت أو الأصوات، بغض النظر عن مصدرها كان في الحنجرة أو فوقها (الفم)، تخضع لعملية تحوير في مرنانات المجرى الصوتي. وتشير كلمة «نطق» في المصطلحات الصوتية إلى حركات اللسان، والبلعوم، والحنك، والشفاه، والفك من أجل إصدار الأصوات الكلامية. بينما يشير المرنان، في هذا السياق، إلى استجابة جزئيات الهواء الصوتية (السمعية) داخل الفجوات الأنفية، الفمية والبلعومية لمصدر صوتي ما. يمكن تحريك الهواء استجابة لصوت من البلعوم، أو لصوت أصدر في الفجوة الفمية. وسنرى أن حركات أعضاء النطق ضرورية من أجل إصدار الأصوات في المجرى الصوتي نفسه، ومن أجل تغيير الصفات المرنانية السمعية للمجرى الصوتي أيضاً.

المجرى الصوتي: The Vocal Tract: Variable Resonator

مرنان متغير ومصدر صوتي And sound Source

يضم المجرى الصوتي كل الممرات الهوائية فوق الحنجرة؛ من الحنجرة وحتى الشفاه. أنظر الشكل (4.51)



الشكل 4.51: مقطع في الرأس يظهر تجاويف المجاري الصوتية الرئيسة.

والفجوات المرنانيةُ الكبيرة هي: الفجوة البلعومية، والفجوة الفمية، والفجوة الأنفية عندما تكون مفتوحة. تكوّن أمكنة الهواء بين الشفاه والأسنان والخدود الفجوات الوجنية. وكذا يكوّن داخل الحنجرة والرغامى مرنانات أيضاً. ولعلك تتذكر في الفصل الثالث أن الأنابيب المليئة بالهواء ترن بترددات معينة تعتمد على كونها مفتوحة من أحد طرفيها أو كليهما، وعلى طول الأنبوب، وشكله، وحجم الفتحة. وإننا نعرف أيضاً أن للأجهزة الموسيقية مرنانات تكبّر وتصفي الصوت. وتزود الأجهزة الموسيقية ذات الأوتار بصناديق مرنانة تتدرج في الحجم كي تضفي صفات مختلفة على الموسيقا. فعلى سبيل المثال: تركز فجوة الفيول الكبيرة المرنانة، أو تؤكد، الترددات المنخفضة في الصوت المركب، في حين تؤكد الفجوات المرنانة الصغرى في الكلمات الترددات العليا. وسمة المرنان الصوتي الإنساني الأساسية هي أنه يمكن تغيير شكله. يمكن تغيير أشكال الفجوة من خلال حركات أعضاء النطق. وإن عملية تقديم اللسان ورفعه تحدث منطقة صغيرة في الفجوة الفمية، ولكنها توسّع منطقة الفجوة الفمية، بينما تضيق منطقة الفجوة البلعومية. إن إغلاق الشفتين ومدّهما إلى الأمام يطول المجرى الصوتي مسبباً إيجاد مرنان منخفض التردد أيضاً.

الأصوات المُصدرة Sounds Produced

إن الأصوات الكلامية التي نحدّدها بالصوائت، والصوائت المركبة، والأنفية وأشباه الصوائت هي نتيجة تصفية الموجة الدورية الصادرة في الحنجرة أثناء مرورها في المجرى الصوتي الذي يغير شكله وحجمه، ومن ثم يغير تردداته الرنينية في كل صوت. إن تغيرات الفجوة والتغيرات الرنينية هي التي تجعل الأصوات متميزة. والأصوات التي تصدر عند الشفتين دورية بسبب حركات الحبال الصوتية المتكررة.

ويمكن للمجرى الصوتي أن يكون مصدر أصوات عديدة أخرى. فالأصوات الصادرة في قسم المجرى الصوتي العلوي هي أصوات لا دورية. وأحد أصناف هذه الأصوات هو صنف الأصوات العابرة الناتجة عن حبس التيار الهوائي، وإفلات ضغط الهواء المحجوز بعد ذلك، كما هي الحال في الوقف الصامت /t/، ويستعمل مصطلح الانفجاري أيضاً اعترافاً بطبيعة الدفقة الهوائية الانفجارية.

وهناك صنف ثانٍ من الأصوات اللادورية تصدر في المجرى الصوتي، ويمكن

تسميتها بالأصوات الضجيجية. يتم إصدارها من خلال إجبار التيار الهوائي على المرور من فتحة ضيقة، ومن ثم إصدار اضطراب ضجيجي. تستغرق هذه الأصوات مدة أطول من الدفقات القصيرة الحادة في أصوات الوقف. ومثال هذه الأصوات /s/ و /ʃ/.

الأصوات المركبة Combined Sounds

يمكن لمصادر الأصوات الكلامية أن تتركب وتتجمع بعدة طرق. ويمكن لإغلاق صوت وقف أن يجتمع مع إطلاق صوت مهموس أو احتكاكي أو إفلاته والحصول، بذلك، على الصوت الوقفي ـ الإحتكاكي (affricate) /tʃ/. ويمكن لمصادر الصوت العلوي في المجرى الصوتي، في أصوات الوقف، والاحتكاكيات، والأصوات الوقفية ـ الاحتكاكية، أن تتجمع مع الجهر (ذبذبة الحبال الصوتية) وتصدر، عندئذٍ، الصوامت المجهورة كما في /d/، /z/ أو /dʒ/، وبذلك يكون هناك مصدران لهذه الأصوات: أحدهما في الحنجرة والثاني في الفجوة الفمية. وفي كل هذه الحالات من إصدار الأصوات الناتجة في المجرى الصوتي تعمل فجوات المجرى الصوتي على رنين هذه الأصوات أيضاً. ولذلك، فإن المجرى الصوتي هو دائماً مرنان، وهو غالباً مصدر للأصوات أيضاً. أنظر الجدول (4.4).

الجدول 4.4

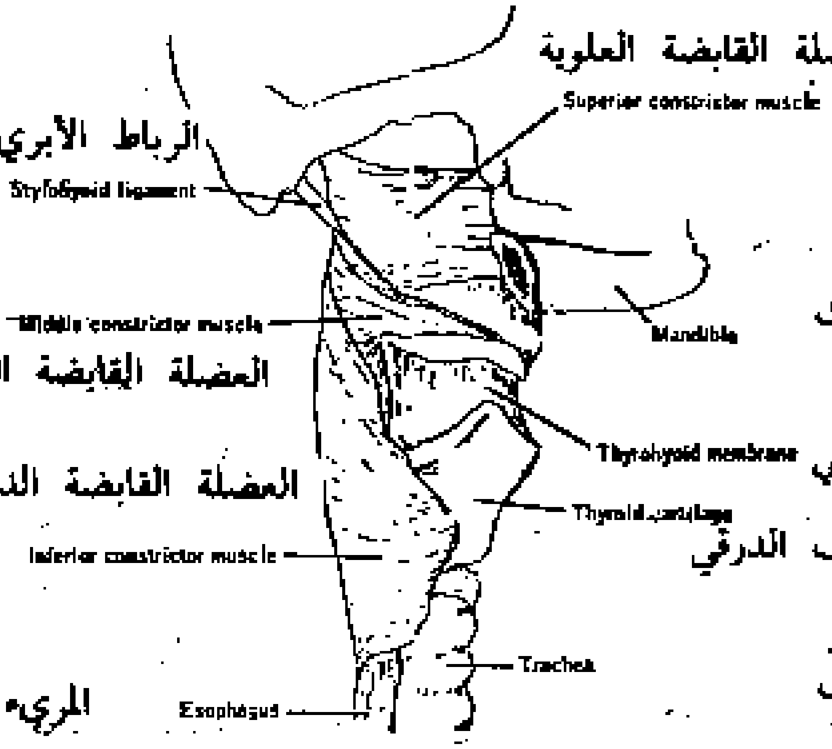
مصادر الصوت الكلامي

أمثلة	الأسلوب	الصوت	المرنان	المصدر
/i/ /u/	الصوائت	دوري	المجرى الصوتي	الحبال الصوتية
/ai/ /ou/	الصوائت الثنائية			
/w/ /y/	أشباه الصوائت			
/m/ /y/	الأصوات الأنفية			
/p/ /k/	أصوات الوقف	لا دوري	المجرى الصوتي	المجرى الصوتي
/s/ /f/	الاحتكاكيات			
/tʃ/	الوقف ـ الإحتكاكي			
/b/ /g/	الوقف ـ المجهور	مزيج من الدوري	المجرى الصوتي	الحبال الصوتية
/z/ /v/	الاحتكاكي المجهور	واللادوري		والمجرى الصوتي
/dz/	الوقف ـ الاحتكاكي المجهور			

سنناقش، بعد وصف المجرى الصوتي، أصوات الانجليزية. سنبدأ بأكثرها فتحاً للمجرى الصوتي وأكثرها رنيناً (الصوائت، الصوائت المركبة، وأشباه الصوائت)، ونتقدم بعد ذلك لمناقشة الأصوات التي هي أقل من الأولى رنيناً والتي تتمتع بمجرى صوتي ضيق نسبياً (الأصوات الأنفية)، أصوات الوقف والاحتكاكيات. وسنناقش، في كل صنف من هذه الأصوات «فيزيولوجيا» إصداره والنتيجة السمعية أيضاً.

Landmarks of the Tract علامات المجرى الصوتي المميزة

يؤلف أنبوب عضلي يعرف بالبلعوم قسم المجرى الصوي الخلفي. وتقسم العضلات، حسب موقعها، على ثلاث مجموعات (الشكل (4.52): العضلات القابضة الداخلية، وهي على مستوى الحنجرة، والعضلات القابضة الوسطى وتبدأ في منطقة عالية في الخلف وتنزل إلى مستوى العظم اللامي، والعضلات القابضة العليا وتمتد من مؤخرة البلعوم ومستوى الحنك إلى مستوى الفك السفلي.

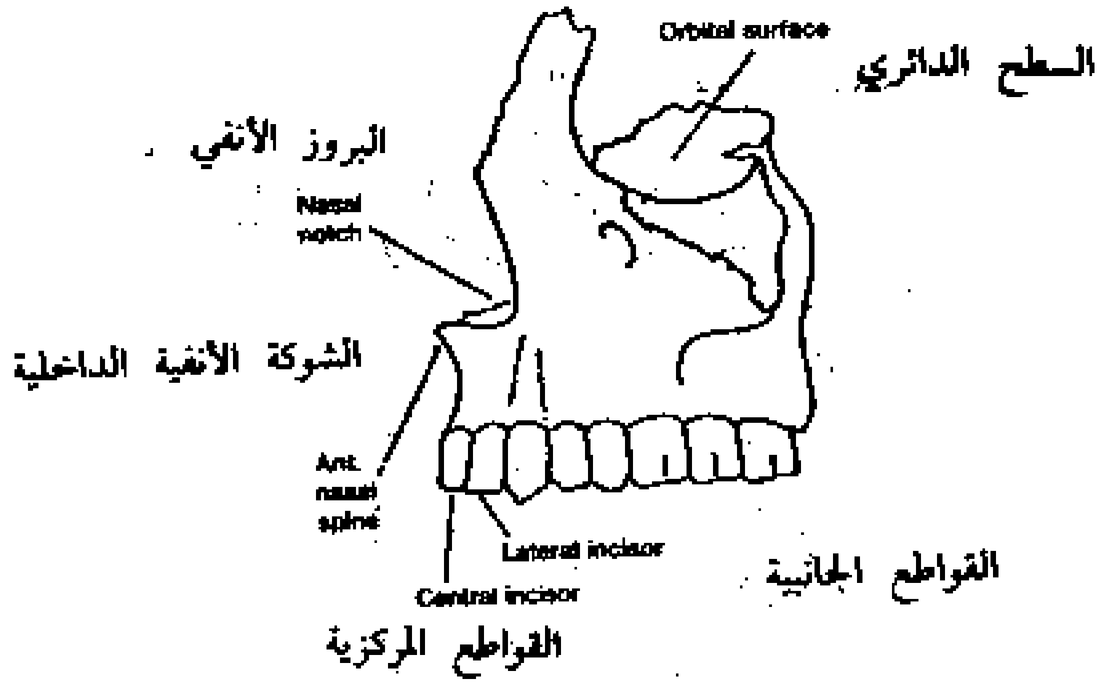


الشكل **4.52**: منظر جانبي لعضلات البلعوم القابضة.

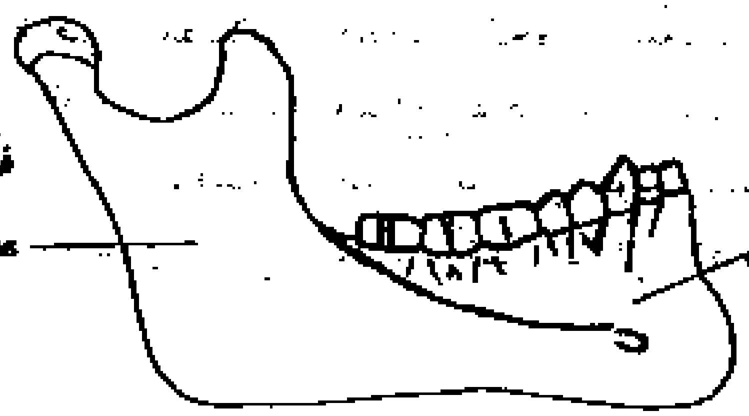
يضيّق انقباض العضلات القابضة الفجوة البلعومية، ويسبب ارتخاء هذه العضلات توسّع الفجوة البلعومية، وتنفتح الفجوات الأنفية، والفمية والحنجرية على الفجوة البلعومية وتسمى الأقسام البلعومية خلف كل تجويف بالبلعوم الأنفي، والبلعوم الفمي والبلعوم الحنجري على التعاقب. أنظر الشكل (4.51).

التجويف الفمي Oral Cavity

يحاط التجويف الفمي من الأمام والأطراف بالأسنان الموجودة في الزوائد اللثوية للفك العلوي، الشكل (4.53) والفك السفلي الشكل (4.54). وأكثر الأسنان أهمية بالنسبة للكلام هي القواطع، وهي الأسنان ذات الأطراف المنبسطة القاطعة في مقدمة الفم. هناك قاطعتان مركزيتان وآخريان جانبيتان في كل فك، وتستخدم مع الشفة السفلى، أو اللسان، أو فيما بينها لخلق تضييق في إصدار أصوات مثل /f/, /θ/ و /s/.

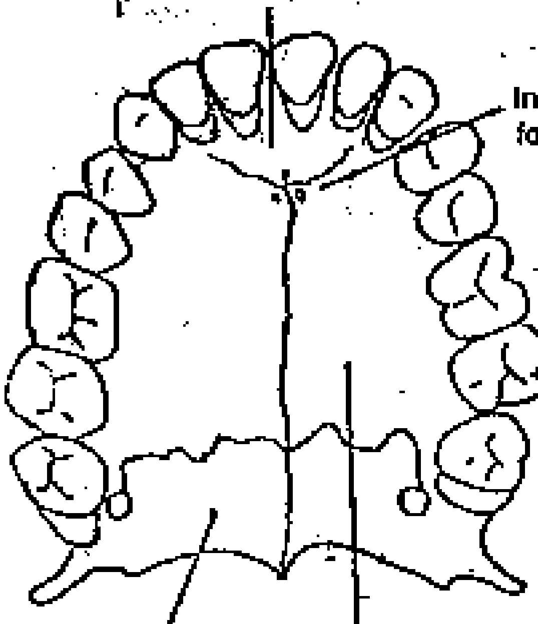


الشكل 4.53: الفقم (الفك العلوي)، مع القواطع. كما وأشير إلى سطح تجويف العين السفلي.



الشكل 4.54: الفك بجزئيه الرئيسين. الفرع، والجسم.

يتألف سقف التجويف الفمي من الحنك القاسي الشكل (4.55) والحنك الرخو أو اللهاة. يشكل النتوء الحنكي للعظم الفكي الأعلى ثلثي داخل الحنك القاسي، بينما يؤلف ثلثه الباقي قسم من العظم الحنكي. وعلامة هامة في الحنك القاسي هي القسم الخارجي من النتوء السنخي، وتسمى الحافة السنخية ويمكنك تحسس الحافة السنخية كالرف اللثوي خلف القواطع العليا. وتُولدُ أصوات كثيرة أو ترنّ نتيجة أعمال اللسان وعلاقتها بالحافة اللثوية العليا هذه.



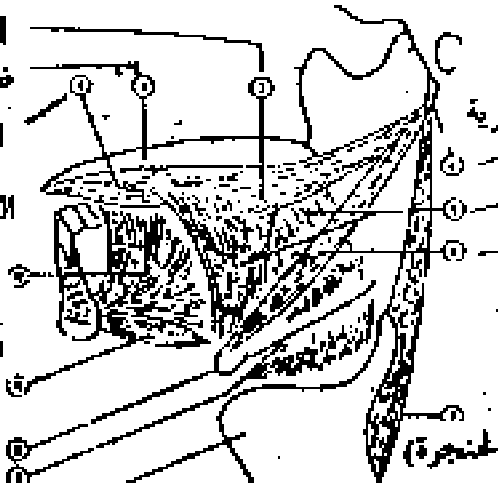
الشكل 4.55: الحنك القاسي مع زائدة الفقم الحنكية والعظم الحنكي.

اللهاة The Velum

تمتلك اللهاة أو الحنك الرخو عضلة خاصة مستقلة تسمى العضلة اللهاتية. يمكنك رؤية اللهاة وهي معلقة في مؤخرة فمك عندما تنظر إلى المرآة. يتألف قسم اللهاة الأكبر، على أية حال، من عضلة عريضة تداخل أطراف اللهاة من العظام الصدغية خلف كل طرف وفوقه، وتسمى هذه العضلات بالعضلات الحنكية الرافعة واسمها مناسب تماماً، لأن وظيفتها هي رفع الحنك الرخو، ومن ثم إغلاق التجويف الأنفي في الأعلى (أنظر الشكل 4.81 في الأمام). وعندما تنقبض العضلات الحنكية الرافعة، يرتفع الحنك الرخو إلى الأعلى والوراء باتجاه جدار البلعوم الداخلي. يحدث هذا العمل (الإغلاق اللهاتي ـ البلعومي)، نوعاً ما، في معظم الأصوات الكلامية الانجليزية. تحتاج الأصوات الانجليزية الأنفية الثلاثة (/m/، /n/ و /ŋ/) إلى رنين أنفي. ومن أجل هذه الاستثناءات، يبقى المجرى المتوجه نحو التجاويف الأنفية مفتوحاً بفعل إرخاء العضلات الحنكية الرافعة.

اللسان The Tongue

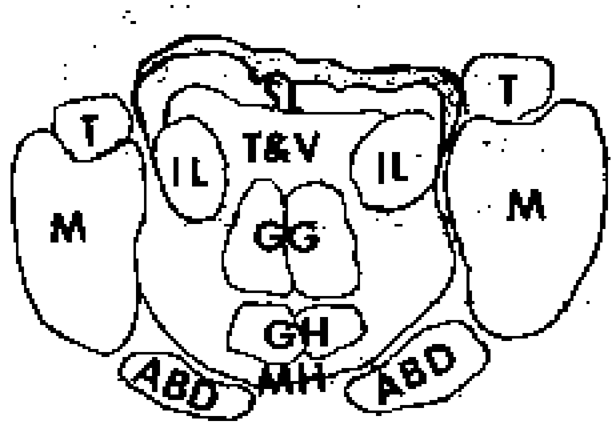
يتألف معظم قاع التجويف الفمي من كتلة عضلية ثلاثية الأبعاد تسمى اللسان. ويمكن للسان أن يتحرك ـ ككتلة في ثلاثة اتجاهات: إلى الأعلى والخلف، إلى الأسفل والخلف، وإلى الأعلى والأمام. تتمكن عضلات اللسان الخاصة من تحريك جسم اللسان في الحيزات الفمية والبلعومية بسبب اتصالاتها بخارج اللسان. الشكل (4.56).



الشكل 4.56: مخطط بياني جانبي يوضح عضلات اللسان الجوهرية، وبعض التراكيب الأخرى.

وتتصل العضلات الأبرية ـ اللسانية بنتوء العظم الصدغي الأبري. وتجري الألياف العضلية إلى الأمام والأسفل داخلةً أطراف اللسان. يؤدي انقباض العضلات الأبرية اللسانية إلى جر اللسان للخلف والأعلى. وهذه الحركة مهمة في مثل أصوات /u/ في «sure». وتتصل العضلات اللامية ـ اللسانية بالعظم اللامي، وتجري الألياف العضلية في صحيفة رقيقة إلى الأعلى نحو قاعدة اللسان الجانبية. يؤدي انقباض العضلات اللامية ـ اللسانية إلى انخفاض اللسان وتراجعه. تمتلك الأصوات /a/ و /ɔ/ مواقع لسان خلفية. وتتصل العضلات الذقنية ـ اللسانية بداخل الفك السفلي عند العمود العقلي الأعلى. وتتوزع الألياف العضلية إلى الأعلى والخلف على نحو مروحي مخترقة طول اللسان بكامله، وإلى الأسفل بما في ذلك العظم اللامي. يجذب انقباض العضلات اللسانية ـ الذقنية العظم اللامي وجزء اللسان إلى الأمام مما يسمح لمقدمة اللسان بالتحرك إلى الأمام والأعلى. إن وضع اللسان في موقع عالٍ متقدم ضروري للأصوات مثل /i/ في «see».

فبينما تقرر العضلات الخارجية موقع اللسان العام، تقرر العضلات الخاصة باللسان شكله. الشكل (4.57).



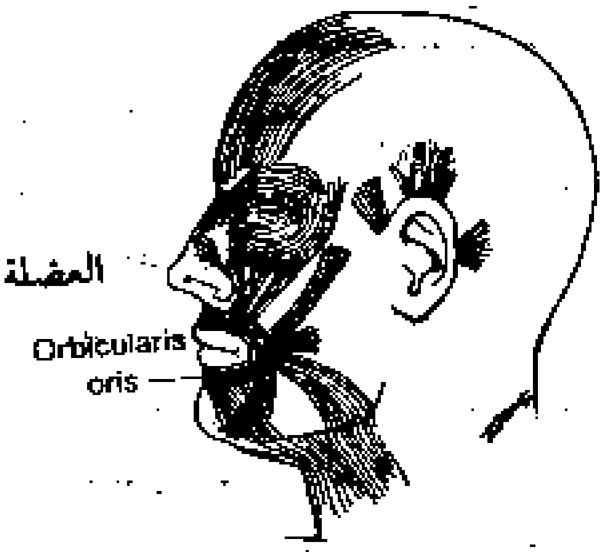
الشكل 4.57: مقطع أمامي للسان. يشار إلى عضلات اللسان الجوهرية على النحو الآتي: SL = العضلات الطولانية العليا. T و V = العضلات العمودية والمستعرضة. IL = العضلات الطولانية السفلية. GG = العضلات اللسانية — الذقنية. GH = العضلات اللامية — الذقنية. MH = العضلات اللامية — الفكية. ABD = جزء العضلة ذات البطنين الداخلي. T = الأسنان. M = الفقم.

تتألف العضلة الطولانية العليا من عدة ألياف عضلية تمتد من مؤخرة اللسان إلى مقدمته، يؤدي تقلص العضلة الطولانية العليا إلى انحناء رأس اللسان نحو الأعلى. بينما تعمل العضلات الطولانية السفلية، التي تمتد من مؤخرة اللسان إلى مقدمته على طول وجهه السفلي، على تخفيض مقدمة اللسان. يقع قسم كتلة اللسان الأكبر بين العضلة الطولانية العليا والعضلة الطولانية السفلى. تتشابك الألياف العضلية التي تمتد من وسط اللسان إلى أطرافه (العضلات العمودية) مع الألياف العضلية التي تمتد من وسط اللسان إلى أطرافه (العضلات المستعرضة). تعطي عضلات اللسان الوسطى مجتمعة أشكال اللسان المختلفة.

The Lips

الشفاه

تمتزج العديد من العضلات الوجهية مع ألياف العضلة المدارية الفمية التي تحيط بالشفتين (الشكل (4.58) إن انقباض العضلة المدارية الفمية ضروري لاغلاق الشفتين من أجل إصدار الأصوات الشفوية /b/, /p/ أو /m/، أو التقريب بينهما كما في /u/ أو /w/.



الشكل 4.58: العضلات الوجهية. أشير إلى موقع العضلة المدارية الفمية.

النظرية السمعية لإصدار الصوائت Acoustic Theory of vowel production

كتب شيبا (Chiba) وكاجياما (Kajiyama) عام 1941 بحثاً كلاسيكاً عن اشتقاق الصائت السمعي. وقد حسب كراندال (Crandall)، من مختبرات بيل، معتمداً على عمل ثان هيلمهولتز المبكر وبعض من الآخرين، رنين المجرىٰ الصوتي في عدة صوائت من خلال تطبيق قوانين سمعية لمرنانات مزدوجة من معادلات حسبها ريلاية (Rayleigh) عام 1896. فقد قاس شيبا وكاجياما المجرىٰ الصوتي من خلال صور شعاعية، مستخدمين صيغ كراندال، وحسبا ترددات المرنان الواحد الرنينية والمرنانات المزدوجة لأحجام متشابهة. وعندما تصادفت الترددات المحسوبة مع ترددات صوائت حقيقية، اعتبرت مجموعة طوكيو أنها حصلت على معلومات حول ذلك المرنان. فقد ساوىٰ رنين الصائت /i/ رنين مرنان مستقل؛ بينما تناظر رنين /u/ و /a/ مع رنين مرنانات مزدوجة. قدم فانت (Fant)، السويدي، دراسة متكاملة حول سمعيات الصوائت معتمداً على قياسات المجرىٰ الصوتي من صور شعاعية التقطت لمتكلم روسي خلال إصدار الصوائت. وطبقت نظريته «النظرية السمعية حول إصدار الكلام» عام 1960. وتربط هذه النظرية بين مبدأ المصدر ـ المصفاة في إصدار الصوائت والمرنانات كما هي الحال في مرسمة الطيف الصوتي. وقد وجد فانت أن أنموذج هيلمهولتز لا يصلح على نحو مناسب إلا لعدة صوائت فحسب. وقد استخدم أنموذجاً ثلاثي الأبعاد طوّره ستيفنس (Stevens) وهاوس (House) في تحديد التضييق اللساني، ومقدار اقتراب الشفتين إحداهما من الأخرى وفي حساب مقاطع المجرىٰ الصوتي العرضانية. وقد وجد أنه من المناسب اعتبار المجرىٰ الصوتي، في معظم الصوائت، أنبوباً منفرداً، أما في حالة الصوائت فإن اعتباره خط بث أكثر تعقيداً ربما كان وصفاً أدق.

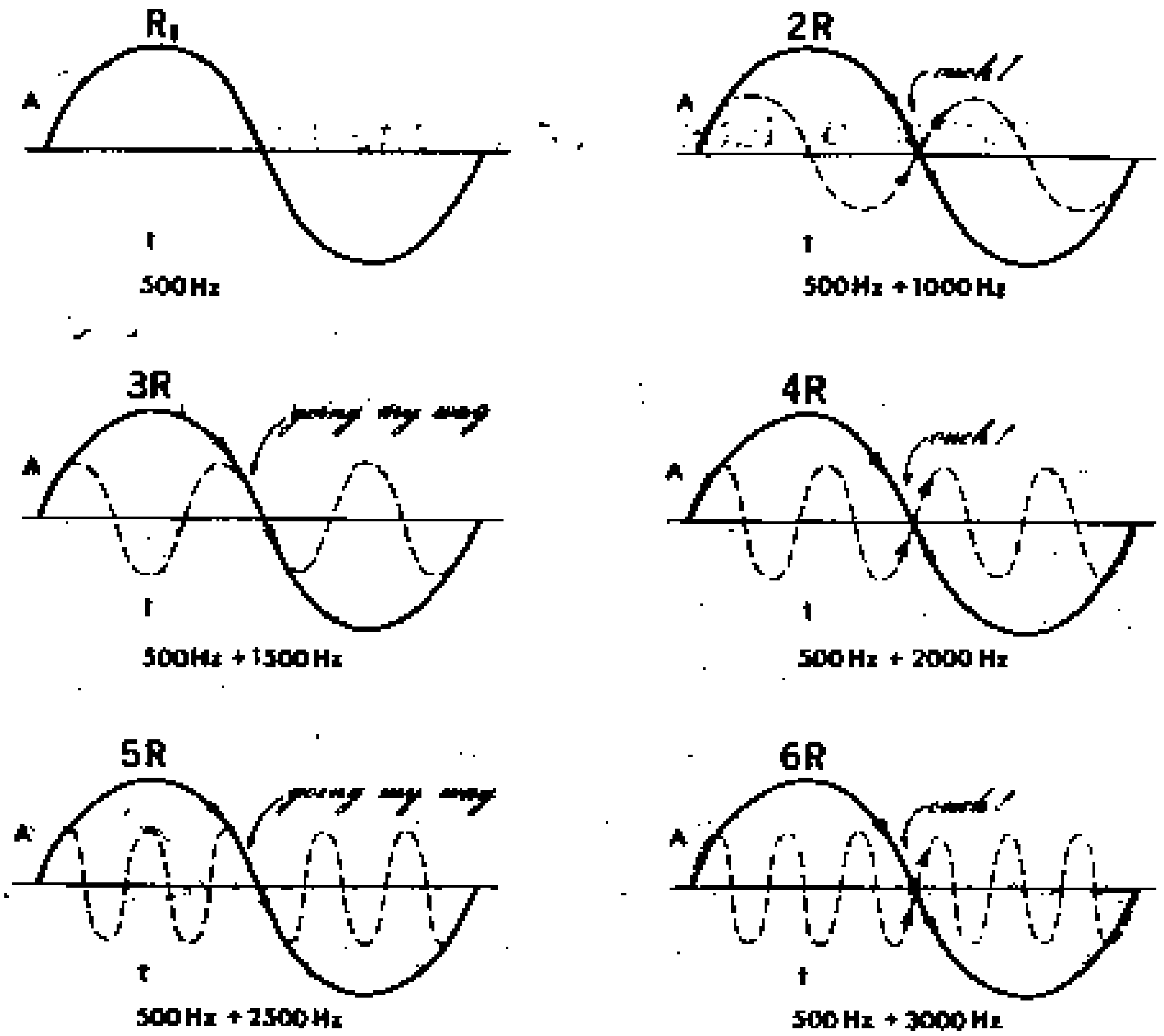
رنين أنبوب مفتوح من أحد طرفيه
Resonance of tube open at one end

يشبه المجرى الصوتي أثناء إصدار الصوائت أنبوباً مغلقاً من أحد طرفيه ومفتوحاً من الطرف الآخر؛ لأن الحبال الصوتية للمتكلم تبقى مغلقة، أساساً، خلال إصدار الجهر، وتبقى الشفتان مفتوحتين. وسيكون لأدنى تردد طبيعي يرنّ له مثل هذا الأنبوب موجة يبلغ طولها (λ) أربعة أضعاف طول الأنبوب. ويمكن للمجرى الصوتي عند الرجل أن يبلغ حوالي 17 سم؛ وسيكون طول موجة أدنى الترددات الرنينية التي سيتذبذب الهواء داخل الأنبوب وفقاً لها 4 × 17 أو 68 سم. ولحساب تردد الذبذبة (F = طول الموجة / السرعة) يجب على المرء حساب سرعة الصوت في الهواء. فلو قيس طول الأنبوب بالأقدام، لوجب استخدام سرعة الهواء مقيسة بالأقدام كذلك (1136 قدماً في الثانية) في الصّيغ كافة. ولأننا استخدمنا القياسات المترية يجب علينا حساب السرعة بالسنتمترات (344 متراً في الثانية وبالتالي 34,400 سنتمتراً في الثانية).

$$F = \frac{C}{\lambda} = \frac{34{,}400\ \text{cm}}{68\ \text{cm}} = \text{about } 506\ H_z$$

$$\text{التردد} = \frac{\text{السرعة}}{\text{طول الموجة}} = \frac{34{,}400\ \text{سم}}{68\ \text{سم}} = 506\ \text{هرتز تقريباً}$$

حيث تمثل C سرعة ثابتة، لأن الصوت ينطلق بسرعة ثابتة في درجة حرارة ووسط ثابتين. وبذلك ترى أن أدنى تردد رنيني لمثل هذا الأنبوب هو 500 هرتز تقريباً. وسيرن وفقاً لمضاعفات هذا التردد الوترية. ولماذا المضاعفات الوترية؟. إن التوافقيات الشفعية ليست ترددات رنينية مؤثرة، يوضح الشكل (4.59) انسجام المضاعفات الوترية مع تردد الأنبوب الرنيني 500 هرتز. يتصادف اتجاه الموجات الضغطية واتجاه موجات الخلخلة في التقاطع صفر، بينما تؤثر الترددات الشفعية التي هي مضاعفات شفعية للتردد الرنيني الأساسي جزئيات الهواء بقوى مضادة بحيث تبطل الواحدة الأخرى.

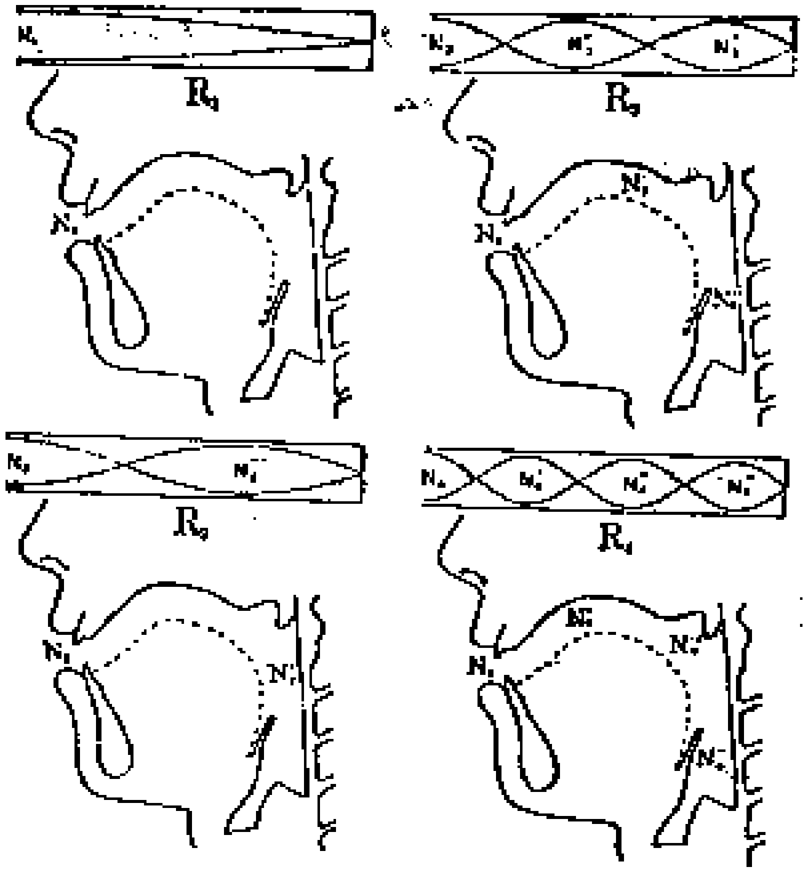


الشكل 4.59: الترددات الرنينية لأنبوب مفتوح من أحد طرفيه ومغلق من الطرف الآخر، فالترددات الرنينية الشفعية ليست مؤثرة لأنها تلغى عند مدخل الأنبوب («ouch!»)، بينما نجد التوافقيات الوترية منسجمة. («going my way»).

رنين المجرى الصوتي عند الرجل Resonance of Male Vocal Tract

نرى، إذاً، أن الأنابيب ترن على نحو طبيعي بترددات معينة عندما تحث بطاقة ما، وتعتمد تردداتها على شكل الأنبوب وطوله. ويشبه المجرى الصوتي الأنساني المرنان السمعي الذي وصفناه. وإن كان هناك، على أية حال، العديد من الاختلافات أيضاً. لأن المجرى الصوتي لا يشبه، أساساً الأنبوب القاسي؛ فللمجرى الصوتي جدران ناعمة ممتصة للصوت؛ ومقطعه العرضاني غير ثابت أبداً. لكنّ التشبيه قريب ومناسب لبحثنا هنا.

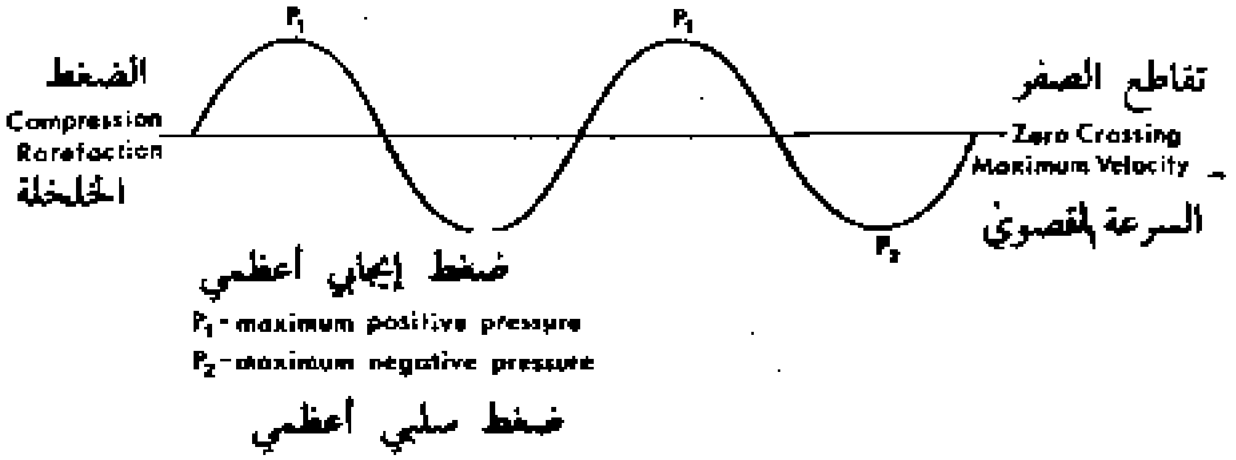
لقد وضح شيبا وكاجياما رنين أنبوب مفتوح من أحد طرفيه وقارنا هذا الرنين بذلك الرنين الذي يحدث في مجرى صوتي متسق المقطع العرضاني تقريباً. أنظر الشكل (4.60).



الشكل 4.60: رنين المجرى الصوتي. (راجع النص لمزيد من الشرح): تمثل N نقاط السرعة القصوى، بينما تمثل R الرنين.

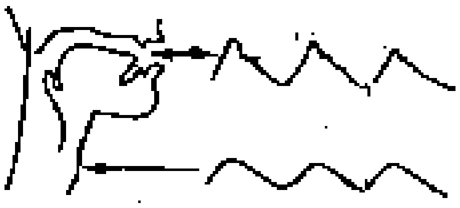
إن الرنين الأول لمثل ذلك الأنبوب أو المجرى، كما يبدو مخططه في الزاوية اليسرى العليا، هو تردد يبلغ طول موجته أربعة أمثال طول الأنبوب، ولذلك فإن ربع الموجة الضغطية يمكن أن يستحث الهواء داخل الأنبوب في أية لحظة مستقلة. وستصل الموجة الضغطية الأولى سرعتها القصوى (N_1) عند فتحة الأنبوب، أو الشفتين كما في حالة المرنان الإنساني. ويكون التردد الثاني الذي يتذبذب به مرنان كالمرنان الإنساني، كما يبدو في الزاوية اليسرى السفلى، ثلاثة أمثال أدنى الترددات الرنينة. ويظهر ذلك من أن ثلاثة أرباع طول الموجة يساوي طول الأنبوب. وينشيء هذا نفسه، نقطتين من السرعة القصوى (N_2 و N_4)، وسيكون الرنين الثالث R_3 ترددا بموجة أقصر من الأنبوب أو المجرى الصوتي. إنها تساوي خمسة أمثال أدنى رنين، وبالتالي فإن خمسة أرباع الموجة

يساوي طول الأنبوب، وستحدث السرعة القصوىٰ في ثلاثة أماكن. ويساوي الرنين الرابع سبعة أمثال الرنين الأول، وستحدث السرعة القصوىٰ في أربعة أماكن. إن نقاط السرعة القصوىٰ مهمة لأن شيبا يظهر كيف يغيِّر الرنين تردده إذا ضُيِّق المجرىٰ بالقرب من نقطة من نقاط السرعة القصوىٰ أو نقطة من نقاط الضغط الأقصىٰ. تذكر (الفصل الثالث: مناقشة الحركةِ التوافقية البسيطة) أن نقاط الضغط الأقصىٰ تناظر عكسياً مع نقاط السرعة الدنيا والعكس بالعكس. يمكن للشكل (4.61) أن يوضح العلاقة العكسية بين الضغط والسرعة.



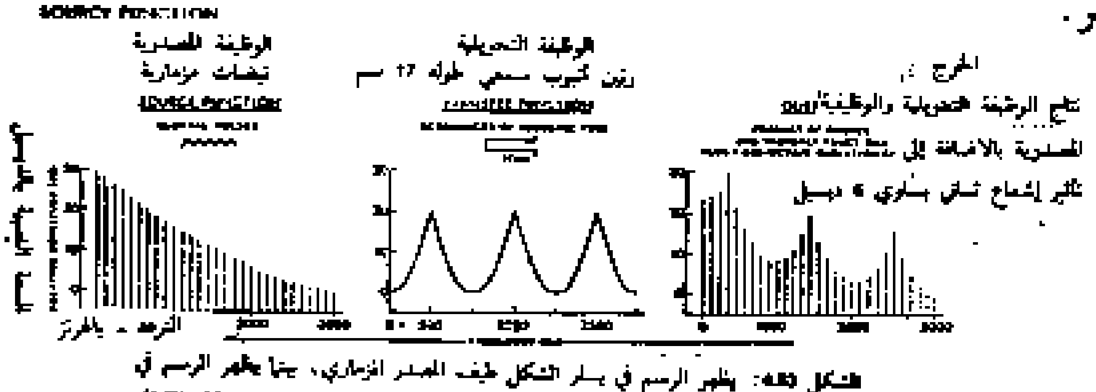
الشكل 4.61: العلاقة العكسية بين الضغط والسرعة في الموجة الجيبية. يكون الضغط على أشده في النقاط P_1 و P_2 للقيم الإيجابية والسلبية على التوالي. وتكون السرعة على أشدها في تقاطع الصفر و (أقل معدل للسرعة) في النقاط P_1 و P_2.

وفي متابعتنا مناقشة المجرىٰ الصوتي غير المضيّق المقطّع العرضاني، تخيل أن صوتاً يصدر في الحبال الصوتية ويمر عبر تجويف مليئة بالهواء، ترن بترددات 500, 1500 و 2500 هرتز ويساوي ذلك الترددات الرنينة نفسها لأنبوب يبلغ طوله 17 سم، كالذي ناقشناه في الفقرة السابقة. لقد قدم ستيفنز وهاوس وفانت نسخاً مبسطة عن كيفية تغير الصوت الصادر في الحبال الصوتية باستجابة المجرىٰ الصوتي الترددية. ويمكن للطريقة الفضلىٰ في فهم التغيرات الحاصلة أن تكون من خلال مقارنة الصوت في مصدره عند المزمار بشكله النهائي عند الشفتين. ومهما تكون التغيرات السمعية الحاصلة، فإنه يمكن ردّها إلى تأثيرات البث أو النقل عبر المجرىٰ الصوتي. يقارن الشكل (4.62) أشكال موجة صائت عند مصدره وعند الشفتين.



الشكل 4.62: موجة صوتية عند الشفتين وعند المزمار. لاحظ أن شكل الموجة أكثر تعقيداً عند الشفاه بسبب عمل المجرى الصوتي التصفوي.

يجب الاستدلال على شكل الموجة عند مصدرها استدلالاً، لأنه يجب على المرء أن يدلّي مذياعاً «ميكرفوناً» إلى الحنجرة ويسجل الصوت إذا رغب في الحصول على شكل الموجة مباشرة. ويبدو للوهلة الأولى كأن للصائت طاقة من الترددات العالية تفوق شكل الموجة المزمارية. يمكن فهم طبيعة التغيرات الحاصلة أثناء النقل من خلال الرجوع إلى أطياف فوريير. وتحليل فوريير، كما تذكر في الفصل الثالث، هو عملية تحليل الموجة المركبة إلى ترددتها المكونة. يمكن رؤية طيف الصوت عند مصدره (الصوت الصادر عند الحبال الصوتية) مؤلفاً من تردد أساسي (يناظر تردد ذبذبة الحبال الصوتية) وعدة مضاعفات أو توافقيات للتردد الأساسي أنظر الشكل (4.63). وتتضاءل شدة هذه التوافقيات كلما ازداد ترددها. فلو استطعنا سماع صوت ذبذبة الحبال الصوتية فسيكون كأزيز منخفض الطبقة الصوتية. يمثل الطيف الأوسط رسماً بيانياً للترددات الرنينية لمجرى صوتي حسبت على أنها 500، 1500 و 2500 هرتز. هذه هي الترددات التي سيتذبذب بها الهواء الموجود في مجرىً من ذلك الشكل والطول أعظمياً استجابة لصوت مركب آخر.



الشكل [illegible]: يظهر الرسم في يسار الشكل طيف المصدر المزماري، بينما يظهر الرسم في اليمين الطيف بعد تصفيته بوظيفة تحويلية تناظر مجرى صوتي محايد بالإضافة إلى تأثير إشعاعي. تقع الوظيفة التحويلية في منتصف الشكل.

الشكل [illegible]: يظهر الرسم في يسار الشكل طيف المصدر المزماري، بينما يظهر الرسم في اليمين الطيف بعد تصفيته بوظيفة تحويلية تناظر مجرى صوتي محايد بالإضافة إلى تأثير إشعاعي. تقع الوظيفة التحويلية في منتصف الشكل.

وعندما يبث صوت كالذي في الطيف الأول في مجرىً صوتي يرن بتلك الترددات التي أشرنا إليها في الطيف الثاني، سيكون الناتج نتاجاً من كليهما. وعلى نحو خاص، يُصفّي المصدر المزماري بتوافقياته المتعددة وفقاً لاستجابة المجرى الصوتي الرنينية. أما تلك التوافقيات البعيدة عن الترددات الرنينية، فتفقد القدرة، ومن ثم تتضاءل إلى حدٍ كبير. يمتلك الصوت الذي يخرج من نهاية المجرى (الشفتين) توافقيات الصوت نفسها عند مصدره (المزمار) إلا أن سعة التوافقيات يتغير مغيّرة صفة الصوت.

إن الترددات التي وصفناها مناسبة للمجرى الصوتي عند رجل محايد، وهو مجرى مصمم لإصدار الصوت (ə) كالصائت الثاني في «Sofa»، لن تكون الترددات الرنينية للمجرى الصوتي نفسه لو كان أطول، أو أقصر، أو مختلفاً في حجمه وشكله. يختلف المتكلمون في الحجم، ويمكن للمتكلم أن يحرك شفتيه، ولسانه وفكّه مبتكراً عدة أحجام وأشكال مختلفة في المجرى الصوتي. وإنّ أيّ تغير في المجرى الصوتي سيبدّل الترددات التي ترن بها التجاويف. هناك تجربة مقنعة تظهر تأثير المجرى الصوتي بوصفه مرناناً متغيراً وهي أن تونم نغمة ثابتة، وتحرك بعد ذلك الشفتين، واللسان في سائر الاتجاهات ومن دون برمجة أو تخطيط قبليين، وأن تلاحظ وتسمع التغيرات الحاصلة، يبقى مصدر الصوت عند الحبال الصوتية ثابتاً؛ أما التغيرات الوحيدة فهي في أشكال المرنان. ويكتشف المرء أنه يمكنه إصدار كلّ أصوات الصوائت من خلال تغير شكل المجرى الصوتي فحسب.

الصوائت /I/، /a/ و /u/ — Vowels /I/, /a/ and /u/

ولكي نحصل على فهم أفضل لإصدار الصوائت، دعنا نتابع الأصوات /I/, /a/ و /u/ ، زوايا المثلث الصائت، من مصدرها في الحبال الصوتية؛ وكيف تتحول عبر المجرى الصوتي (الذي يضخم بعض التوافقيات ويضعف بعضها الآخر)، حتى تخرج من الشفتين. تسمى نتيجة ذبذبة الحبال الصوتية السمعية بـ «الوظيفة المصدرية»،

وتسمّى النتيجة السمعية لطول مجرى صوتي ما وشكله بـ «الوظيفة التحويلية». ويكون الخرج عند الشفتين نتاج الوظيفتين (بالإضافة لتأثير ناتج عن انتشار الصوت عند الشفتين). والوظيفة المصدرية مستقلة كثيراً عن الوظيفة التحويلية. فعلى سبيل المثال، يمكنك أن تتخذ شكلاً ثابتاً للمجرى الصوتي وأن تصدر صوتاً ذا ترددات أساسية مختلفة. فعندما تغني الصائت /i/ متدرجاً نحو الأعلى في السلم الموسيقي، تدرك تماماً محافظتك على المرنان المناسب للصائت /i/ في كل نغمة، بينما نجد أن مصدر الصوت يتغير. وعندما يتغير المصدر يحدث هناك اختلافات: يختلف التردد الأساسي، وتختلف مواقع توضع التوافقيات، كما ناقشنا قبل في بحث النطق (أنظر الشكل 4.55). وعلى الرغم من هذه الاختلافات، فإنّ رنين المجرى الصوتي يبقى ثابتاً.

الصائت الأمامي غير المدوّر High, Front, unrouded Vowel

يتميز الصوت /i/ في كلمة /key/ بطاقة ترددية رنينية عالية في التجويف الفمي. ومن أجل الحصول على رنين له مثل هذه الترددات العالية، يجب جعل التجويف الفمي صغيراً. وهذا هو مبعث رفع المتكلم لسانه نحو الحافة السنخية. يشغل جسم اللسان معظم التجويف الفمي تاركاً حجماً صغيراً من الهواء كي يرنّ (الشكل 4.64).

الشكل 4.64: تظهر الزاوية اليسرى صورة جانبية للسان في إصدار الصائت [i]. بينما تظهر الزاوية اليمنى منطقة مقطع عرضاني للمجرى الصوتي في [i]. يشير المحور السيني (الأفقي) إلى البعد عن الشفتين.

ويتسع البلعوم، على أية حال، لأن قسم اللسان الخلفي الذي يشغل الفراغ البلعومي يتحرك عادة إلى الأعلى والأمام. أما العضلة المسؤولة مباشرة عن هذا التعديل فهي العضلة الذقنية ـ اللسانية التي يزودها بالأعصاب العصب القحفي الثاني عشر (العصب التحت ـ لساني). أنظر الشكل (4.65).

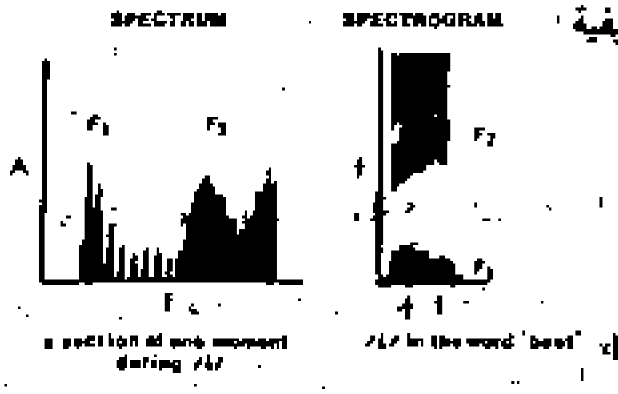
/i/

الشكل 4.65: تجر العضلة الذقنية - اللسانية اللسان للأعلى والأمام أثناء إصدار الصائت [i].

يُصنَّف /i/ على أنه صائت عالٍ، أمامي وغير مدور لأن اللسان مرتفع فيه ومتقدم للإمام ولا يوجد هناك تضييق أو تدوير في الشفتين.

فلو أصدر متكلم الصوت /i/ بتردد أساسي يساوي 300 هرتز فإن التوافقيات الخارجة عبر المجرى الصوتي سوف تختلف، لكنّ ترددات المجرى الصوتي الرنينية تبقى ثابتة. يعكس خرج المجرى الصوتي الوظيفة المصدرية في حضور التوافقيات الحقيقية ونقصان شدة الترددات الأعلى، لكنه يعكس، أساساً، وظيفة التجاويف التحويلية، لأنه مهما تكن الوظيفة المصدرية، فإن نمط الرنين يبقى متشابهاً في الصائت المحدد. لاحظ أنه ليس ضرورياً لرنين المجرى الصوتي المركزي (2500 هرتز على سبيل المثال) أن يتناظر مع مركب توافقي حقيقي للصوت (2250 و 2400 هرتز في هذه الحالات). تُضخم التوافقيات الأقرب إلى رنين المجرى الصوتي وتُفقد الأبعد عنه قدرتها أثناء النقل. يصور المخطط الطيفي للصائت /i/ في الشكل (4.66) رنين المجرى الصوتي كحزمٍ عريضة من الطاقة تسمى بـ «التشكيلات الموجية المتميزة، Formants».

الطيف   صورة طيفية



قسم من لحظة واحدة أثناء إصدار /i/   /i/ في كلمة «beat»

الشكل 4.66: في اليمين صورة طيفية للصائت [i] مستمدة من إصدار كلمة «beat». يظهر في اليسار قسم من الصوت نفسه. يشير السهم إلى موقع القسم على محور الزمن. تمثل F_1 و F_2 رنين المجرى الصوتي. تظهر الصورة الطيفية تغير التردد (F) على محور الزمن (T). يظهر الطيف سعة (A) ترددات المكون (F).

ترقّم التشكيلات الموجية المميزة عادة من الترددات الدنيا نحو الترددات العليا. ويسمى التشكيل الموجي المتمركز حول 300 هرتز بالتشكيل الموجي المميز الأول، ويسمى ذلك المتمركز حول 2500 هرتز بالتشكيل الموجي المتميز الثاني، بينما يسمى المتمركز حول3000 هرتز بالتشكيل الموجي المتميز الثالث. ويشبه النظر إلى المخطط الطيفي النظر إلى قمم خط مستمر من الطيوف. حيث تصبح كل حزمة أو نطاق من القدرة السماعية تشكيلاً موجياً مميزاً ذا شدة يشار إليها بالظلمة النسبية. وسنفصل وصف المخططات الطيفية في الفصل السادس.

الصائت الخلفي المنخفض /a/   Low, Back Vowel

يكون شكل المجرى الصوتي في الصائت /a/ عكس ذلك الشكل الذي يتخذه في /i/، حيث يتسع التجويف الفمي ويضيق التجويف البلعومي (الشكل 4.67).

الشكل 4.67: منظر جانبي للمجرى الصوتي، والمساحة العاملة من المجرى الصوتي في /ɑ/.

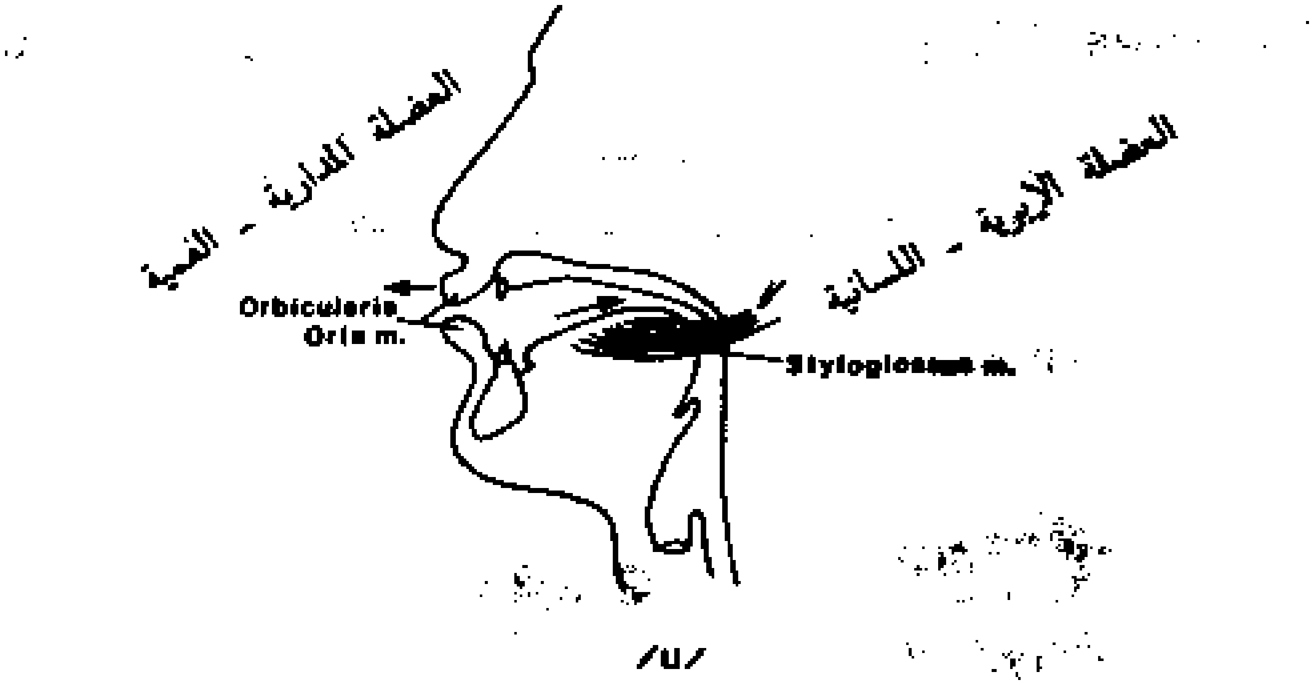
ينخفض اللسان في التجويف الفمي من خلال فتح الفك أو بوساطة تخفيف لساني نشط تقوم به، أغلب الظن، العضلة اللامية ـ اللسانية (الشكل 4.68).

الشكل 4.68: تضغط العضلة اللامية ـ اللسانية أثناء إصدار /ɑ/.

وعلى قدر ما يكون اللسان منخفضاً إلى الخلف يكون الفراغ الذي تحتله /ɑ/ في التجويف البلعومي كبيراً. وبذلك، يكون شكل الجهاز الصوتي في /ɑ/ صغيراً عند البلعوم وكبيراً في التجويف الفمي. يرفع نمط المجرى الصوتي هذا أدنى تردد رنيني، والذي يكون، في هذه الحالة، انعكاساً لاستجابة التجويف الحلقي الترددية. ويكون التشكيل الموجي الثاني منخفضاً كثيراً عن ذلك في /i/ بسبب حجم التجويف الفمي المتزايد.

High, Back, Rounded Vowel /u/ الصائت الخلفي، العالي غير المدوّر

تكون سمة /u/ السمعية المميزة هي تخفيض الترددات الرنينية من خلال تطويل المجرى الصوتي. ولكي يطوّل المتكلمون المجرى الصوتي يقومون عادة بتضييق الشفتين بفعل تقليص العضلات الفمية المدارية، ويرفعون مؤخرة اللسان نحو الحنك (أنظر الشكل 4.69)، ويقلصون العضلات الإبرية ـ اللسانية للحصول على مرنان مزدوج (الشكل 4.70).



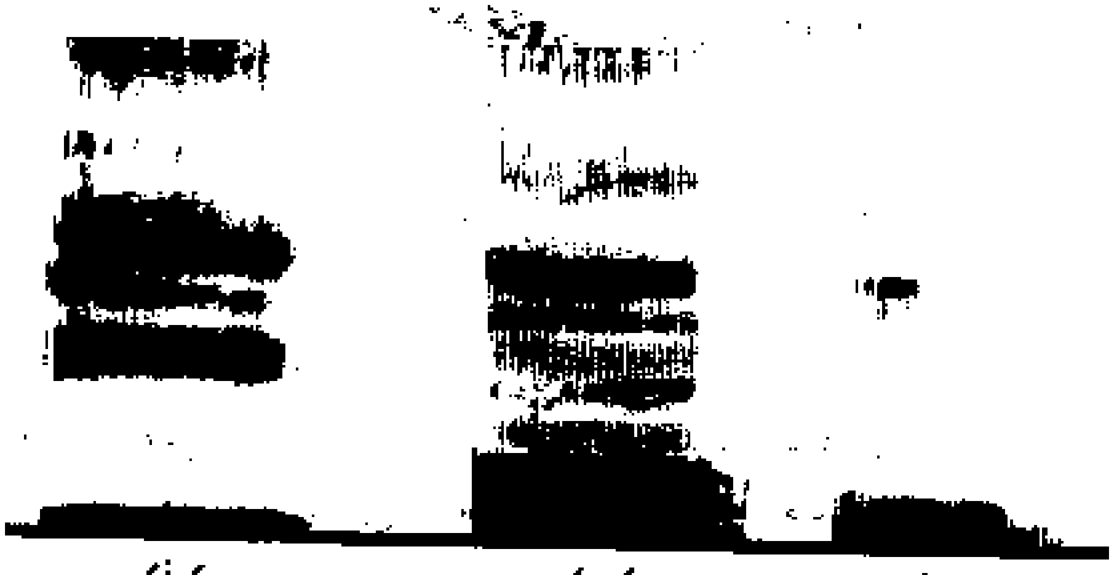
الشكل 4.69: إن عمل العضلة المدارية ـ الفمية هو تقليص الشفتين، بينما تقوم العضلة الإبرية ـ اللسانية برفع مؤخرة اللسان خلال إصدار /u/

ولو حاول المتكلم الاستمرار في الابتسامة لمصور وهو يقول شيئاً ما مثل «take two»، سيكون لزاماً عليه تطويل المجرى من أجل /u/ بوساطة تخفيض الحنجرة بدلاً من تضييق الشفتين، لكن التأثير السمعي يبقى متشابهاً. يقترب رنين المجرى الصوتي عند رجل راشد من 300، 900 و 2500 هرتز. ولا يمكن إعطاء ترددات دقيقة لأن الاستجابة الترددية في كل مجرى صوتي مختلفة قليلاً. ويوضح لنا هذا، جزئياً، لماذا يمكن أحدنا أن يميز الآخر عن طريق الصوت وحده.

الشكل 4.70: منظر جانبي للمجرى الصوتي والمنطقة العاملة منه في /u/. لاحظ أنه يوجد تجويفان مميزان لهذا الصائت.

مثلث الصوائت The Vowel Triangle

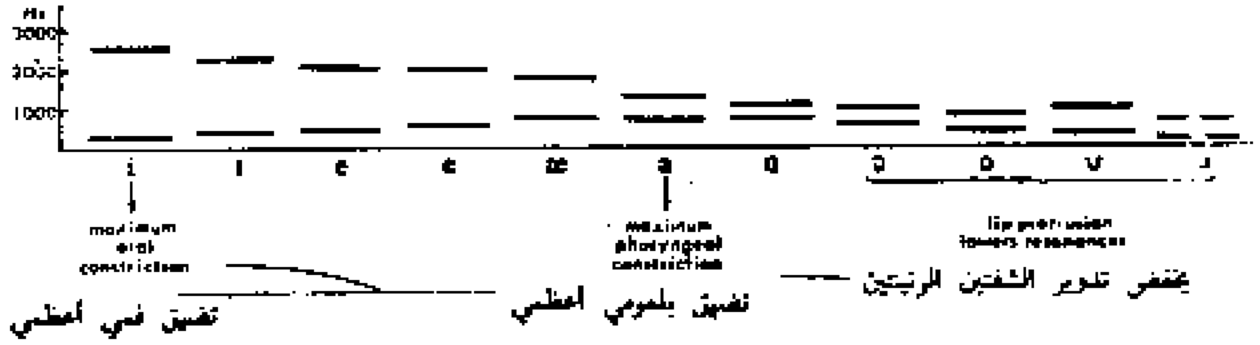
نرى بوضوح الآن أن ما يقرر صفة الصائت هو رنين المجرى الصوتي. يمتلك كل صائت نمطاً رنيناً مختلفاً قليلاً عن الصوائت الأخرى الشكل(4.71).



الشكل 4.71: صورة طيفية لإصدار ثابت الصفة في الصوائت [i] [a] و [u].

من المفيد النظر إلى المجرى الصوتي على أنه أنبوب خط بثٍ واحدٍ على الرغم من أنه، في واقع الحال، أكثر تركيباً وتعقيداً. لكن تشبيهنا مناسب بوصفه تقرباً مبدئياً في إصدار الصوائت. تبدّل تغيرات المجرى الصوتي الرنين؛ وكما رأينا، فعندما يكون شكل المجرى الصوتي على هيئة أنبوب متسق المقطع العرضاني في شكلٍ كذلك الشكل المحايد

القريب من الصائت المحايد /ə/ ، يكون رنينه مضاعفات وترية لأدنى تردد رنيني. وعندما يتغير الشكل في /i/، /a/، أو /u/ تُضَيَّق بعض أقسام المجرى الصوتي ويغيِّر الرنين تردده، ويفقد كل صائت صلته البسيطة بالصوائت الأخرى. لا يمكن عزو ترددات التشكيلات الموجية المميزة على نحو مستقل إلى قسم خاص أو معين من المجرى الصوتي. ويجب النظر إلى التشكيلات الموجية المميزة على الجملة بوصفها استجابة المجرى الصوتي بكامله على الرغم من أنه يمكن ربط التشكيل الموجي الثاني، في كثير من الأحيان، على نحو دقيق، بالتجويف الأمامي. يفي التشكيلان الموجيان المتميزيان المشتق مخططهما البياني من المخططات الطيفية في الشكل (4.72) بغرض أظهار أنماط التشكيلات الموجية النسبية لبعض الصوائت في الانجليزية الأمريكية.



الشكل 4.72: صوائت ذات ترددين موجيين متميزين اثنين، ركبت على قارئة النمط. تشير الرموز إلى تعريف المستمعين لكل نمط. بينما تشير الحروف إلى سمات المجرى الصوتي في الصوائت المناظرة.

وعلى الجملة، يتضاءل تردد التشكيل الموجي المتميز الأول عندما يرافق التوسع البلعومي ارتفاعُ اللسان. ويزداد تردده عندما يتراجع التضييق أو التقلص إلى الخلف في المجرى الصوتي. يكون تردد التشكيل الموجي الثاني مرتفعاً عندما يضيَّق التجويف الفمي ـ ويكون منخفض التردد عندما يكون المجرى الصوتي أكثر انفتاحاً أو مطولاً.

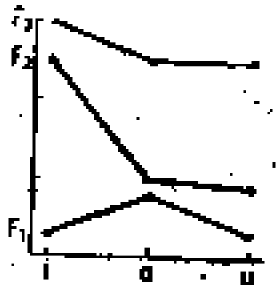
إن أماكن التشكيلات الموجية المميزة النسبية لصائت محدد متشابهة عند الرجال والنساء والأطفال. لكن الترددات الرنينية الحقيقية هي أعلى في المجاري الصوتية الصغيرة. إن اختلافات ترددات التشكيلات الموجية المميزة لا ترتبط بتغير في الطول فحسب لأن المجاري الصوتية الأكبر عند الرجال تمتلك نسبة أكبر نسبياً من المساحة البلعومية مقارنة بالمساحة الفمية إذا ما قورنت بحالة الأطفال والنساء. أوجد بيترسون (Peterson) وبارني (Barney) المعدلات الوسطية لترددات التشكيلات الموجية المميزة عند الرجال والنساء والأطفال من مخططات طيفية عند ستة وسبعين متكلماً يصدرون الصوائت الانجليزية. يوضح الجدول (4.5) تغير التردد بتغيير حجم المجرى الصوتي.

الترددات الأساسية Fundamental frequencies (cps)	M	136	135	130	127	124	129	137	141	130	133
	W	235	232	223	210	212	216	232	237	221	218
	Ch	272	269	260	251	256	263	276	274	261	261
ترددات التشكيلات المميزة Formant frequencies (cps)											
التشكيل الأول F_1	M	270	390	530	660	730	570	440	300	640	490
	W	310	430	610	860	850	590	470	370	760	500
	Ch	370	530	690	1010	1030	680	560	430	850	560
التشكيل الثاني F_2	M	2290	1990	1840	1720	1090	840	1020	870	1190	1350
	W	2790	2480	2330	2050	1220	920	1160	950	1400	1640
	Ch	3200	2730	2610	2320	1370	1060	1410	1170	1590	1690
التشكيل الثالث F_3	M	3010	2550	2480	2410	2440	2410	2240	2240	2390	1690
	W	3310	3070	2990	2850	2810	2710	2680	2670	2780	1960
	Ch	3730	3600	3570	3320	3170	3180	3310	3260	3360	2160

الجدول 4.5: متوسطات الترددات الأساسية وترددات التشكيلات الموجية المتميزة في الصوائت عند ستة وسبعين متكلماً.

وابتغاء سهولة تذكر التوزيع السمعي لرنين المجرى الصوتي في الصوائت المتطرفة (الواقعة في الأطراف) في الانجليزية الأمريكية، يمكنك اختيار الأرقام التي تدعم النمط العام للتشكيلات الموجية المميزة غير المتكلمين. الشكل (4.73).

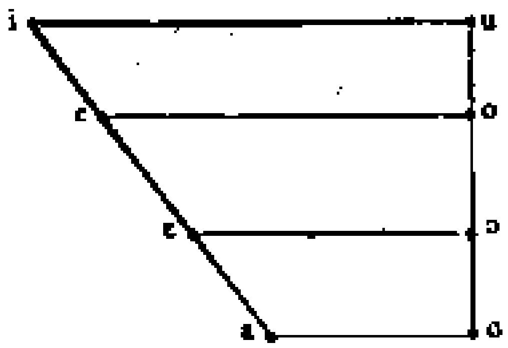
		i	a	u
التشكيل الموجي الأول	F_1	300	800	300
التشكيل الموجي الثاني	F_2	2500	1000	900
التشكيل الموجي الثالث	F_3	3000	2500	2300



الشكل 4.73: العلاقات بين التشكيلات الموجية المميزة الأول، والثاني والثالث في الصوائت /i/, /a/, و /u/.

العلاقة بين السمعيات وعلم وظائف الأعضاء (فيزيولوجيا).
Relationship between Acoustics and Physiology

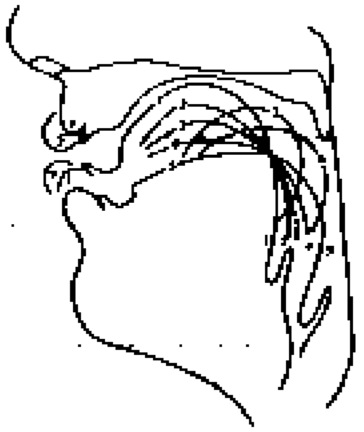
يمثل مثلث الصوائت أو رباعي الصوائت في أدب الصوتيات التقليدية ارتفاع اللسان على الأحداثي الرأسي، وتراجعه على الأحداثي السيني ـ الشكل (4.74).



الشكل 4.74: الصوائت الأساسية (Cardinal) مُثلّث برباعي صائت. تشكل الصوائت الأساسية نقاط صوائت مرجعية متطرفة في نطق الصوائت. يعتقد أن الصوائت الواقعة على نفس الخط الأفقي تتمتع بارتفاع لساني متكافيء. بينما يعتقد أن الصوائت الواقعة في اليمين واليسار تتمتع بمقدار أو مسافة تراجعية أو تقدمية متساوية. (إلى الأمام أو إلى الخلف).

تكون مقدمة اللسان مرتفعة في /i/ بينما تكون مؤخرتة مرتفعة في /u/. تكون الشفتان غير مدورتين في الصوآئت الأمامية في الانجليزية، ولكنهما مدورتان في معظم الصوائت الخلفية. راقب نفسك في مرآة وأنت تلفظ الصوائت الأمامية [i:] في«eat»، [i] في «it»، [ei] في «ate»، [E] في «Ed»، [x] في «at» ستلاحظ تحركاً بسيطا في حركة الشفتين فحسب. يبدو أن ارتفاع اللسان مهم في تحديد رنين الصوائت الأمامية المميز. راقب الصوائت الخلفية من الأعلى فالأسفل [U] في «sure»، [u] في «soot»، [ou] في «sew»، [ɔ] في «saw»، [a] في «sock»، ستلاحظ استدارة في الشفتين بالإضافة إلى تغيرات في التجويف في الصوائت الأربعة الأولى، وفتح فم أعظمي في الصائت المتخفض الخلفي [a]. يرى الشكل (4.75) مواقع اللسان النسبية في الصوالت، ويشير إلى التعديلات

الشفوية في الصوائت الخلفية المدوَّرة وفتح الفم الذي يرافق عادة الصائت الخلفي المنخفض. وهذه العلائق تقريبية، إنها تشير، ببساطة، إلى الأسلوب الأكثر شيوعاً، ولكن ليس الوحيد في تغيير أشكال التجويف من أجل الحصول على المستلزمات السمعية لكل صائت.

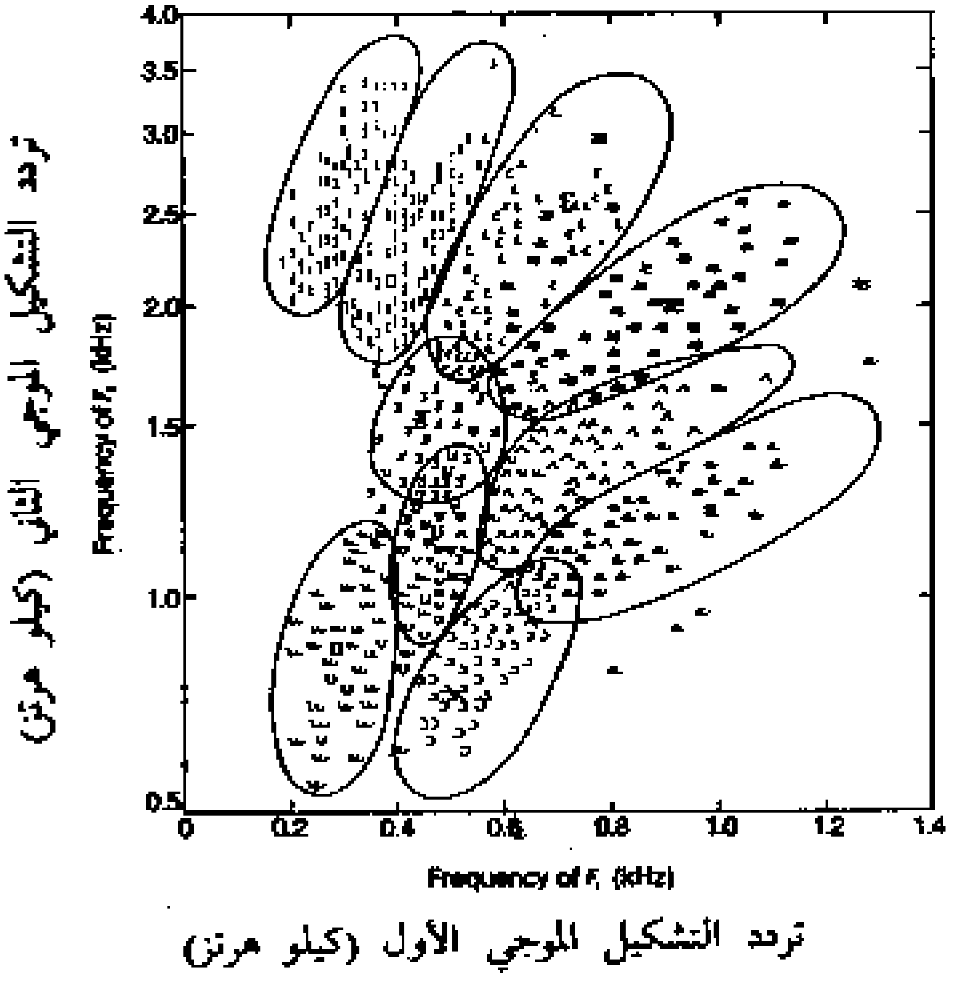


الشكل 4.75: شكل المجرى الصوتي للصوائت في الكلمات: (1) «heed»، (2) «hid»، (3) «head»، (4) «had»، (5) «father»، (6) «good»، (7) «food».

تكشف دارسة الصور الشعاعية لموقع اللسان أثناء إصدار سلسلة الصوائت أن أعلى نقطة للسان في كل صائت لا تتوافق تماماً في مخطط بياني كمثلث الصوائت أو رباعي الصوائت التقليدي في كتب الصوتيات. ومن المحتمل أن علماء الصوت قد وُهبوا، بوصفهم جماعة، آذاناً جيدة الإصغاء، أي: المقدرة على التقاط تمييزات دقيقة في سماع الأصوات الكلامية وفهمها. يمكن لمخطط الصوائت التقليدي أن يعكس، على الجملة، موقع اللسان، ولكنه يعكس، بدقة أكبر، الترددات النسبية (التقريبية) لرنين المجرى الصوتي عندما تثبت التشكيلات الموجية المميزة.

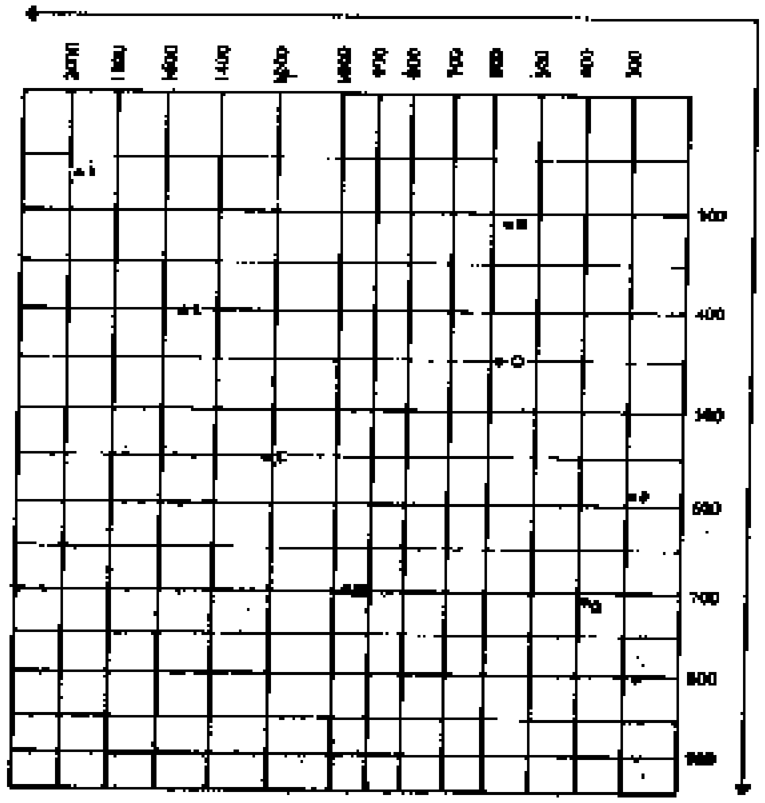
فقد سجل صوت الرجال والنساء والأطفال في دراسة بيترسون وبارني وهم يصدرون الصوائت الانجليزية في سياق /h-v-d/، وكانت الألفاظ «heed»، «hid»، «head»، «had»، «hawd»، «hood»، «whod»، «hud»، «heard». قيست

التشكيلات الموجية المميزة وثبتت في جدول بياني من خلال مقارنة التشكيل الموجي الأول بالتشكيل الموجي الثاني. يظهر هذا الأسلوب الذي استخدمه، في البداية جوروز (Joos) عام 1948 العلاقة بين السمعيات ووظائف الجسم في الصوائت. يظهر الشكل (7.67) التشكيل الموجي الأول على الأحداثي السيني، والتشكيل الموجي الثاني على الأحداثي الرأسي. فلو ثبت تردد التشكيل الموجي الثاني وفقاً لمقياس كونيك (Koenig)، الذي هو مقياس خطي حتى 1000 هرتز ويصبح لوغارتمياً فوق 1000 هرتز، الذي صمم لكي يشبه حساسية آلية السمع الأنسانية، لكان من الواضح أن صورة مشابهة لمثلث الصوائت التقليدية سوف تظهر. يظهر أن الرسم البياني السمعي أكثر قرباً إلى المخطط الصوتي التقليدي من قرب الصور الشعاعية لموقع اللسان فيه.



الشكل 4.76: تردد التشكيل الموجي الثاني عكس تردد التشكيل الموجي الأول في عشرة صوائت تكلمها ستة وسبعون متكلماً.

يحقق لادافوجد انسجاماً أكبر من خلال تثبيت ترددات التشكيلات الموجية في رسم بياني ذي ترددات الصفر في الزاوية اليسرى العليا، وتثبيت ترددات التشكيل الموجي الأول بوصفه ناتج طرح ترددات التشكيل الموجي الأول من ترددات التشكيل الموجي الثاني عوضاً عن التثبيت العادي للتشكيل الموجي الأول والتشكيل الموجي الثاني. وينتج عن ذلك توضيح «فيزيولوجي» أدق للصوائت الخلفية (الشكل 4.77) حيث يبدو جلياً أن [ɔ] و [a] هما صائتان أكثر تراجعاً من [u] أو [v].



الشكل 4.77: رسم بياني للتشكيلات الموجية المميزة يظهر ترددات التشكيل الموجي المميز الأول على المحور الأفقي مثبتة مقابل الفرق بين ترددات التشكيل الموجي الثاني والتشكيل الموجي الأول على المحور العمودي في ثمانية صوائت أمريكية. يمثل الرمز (ɑ) نفس الرمز «u».

يبدو أن علماء الصوت لم يكونوا مدركين أنهم كانوا يرسمون مخططات الصوائت وفقاً لحقيقتها السمعية، معتقدين أنهم كانوا يرسمونها وفقاً لحقيقتها «الفيزيولوجية» ومهما

يكن، فإنه من الواضح أن المادة السمعية هي انعكاس مباشر للتكيف «الفيزيولوجي». كما يشير «لاداڤوجد» إلى أنه يرتبط ارتفاع الصائت بإحكام بترددات التشكيل الموجي الأول أكثر من اتصاله بارتفاع اللسان، ويعبّر عما يسمىٰ بالبعد - الأمامي - الخلفي، ببساطة، بالرجوع إلى الفرق بين ترددات التشكيل الموجي الثاني وترددات التشكيل الموجي الأول أفضل من أي قياس لموقع اللسان الحقيقي. وقد لاحظ فانت أيضاً أن أعلىٰ نقطة في اللسان ليست مهمة كأهمية نقطة التضييق القصوىٰ وطول المجرىٰ من المزمار إلى تلك النقطة (نقطة التضييق القصوىٰ). فعلىٰ سبيل المثال، تقع عليا نقاط اللسان في [a] في التجويف الفمي، لكنّ نقطة التضييق القصوىٰ تقع في التجويف البلعومي، وهي أقرب إلى الحنجرة.

Tense - Lax Vowels — الصوائت المشدودة والصوائت الرخوة

إن بعض الصوائت والصوائت الثنائية (Diphthongs) في الانجليزية أطول من بعضها الآخر في جوهرها أو حقيقها. وتصدر هذه الأصوات من خلال وصول اللسان إلى مكان متطرف نسبياً. وتسمى الصوائت ذات الموقع المتطرف للسان والفترات الأطول بـ «الصوائت المشدودة». وقد سميت بذلك بسبب وظيفتها في اللغة وليس بسبب طريقة إصدارها. يمكن للصوائت المشدودة أن تظهر في المقاطع المفتوحة مثل: «see»، «say»، «lah»، «sew»، «seu»، «saw»، «sigh»، «sow»، «soy»، و «cue». تسمى الصوائت الأقصر التي تظهر في المقاطع المغلقة (المقاطع التي ينتهي بالصوامت) وليس في المقاطع المفتوحة بـ «الصوائت الرخوة» لأنها تصدر بحركة أقل تطرفاً، وأمثلة ذلك في الانجليزية الصوائت في الكلمات التالية: «sing»، «strength»، «sang»، «song»، «sung».

ويمكن تقسيم الصوائت الأطول المشدودة وفقاً لحالة المجرىٰ الصوتي أي: تبعاً لبقائه مشدوداً على نحو ثابت خلال فترة الصائت بتمامها، أو وجود تغير متميز في شكل المجرىٰ الصوتي خلال إصدار الصائت. حاول أن تمدّ كلٌّ من الصوائت المشدودة التي ذكرت بوصفها أمثلة، وحدّد ما يحتوي منها على تغيّر في شكل المجرىٰ الصوتي في منتصف التيار الهوائي.

Diphthong production إصدار الصوائت الثنائية

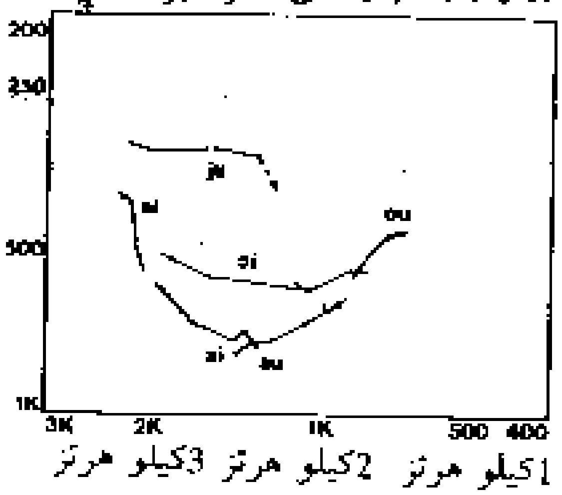
الصائت الثنائي صائت ذو رنين متغير. أما الصوائت الثنائية الشائعة فهي الأقسام الصائتة في كلمات الجمل التالية:

How Joe likes trains. I do not play cowboy
/au/ /ou/ /ai/ /ei/ /ai/ /au/ ei/ /au/ /ɔi/

تعدّ الصوائت المشدودة التي نجد أنها تحتاج عند تطويلها إلى مجرى صوتي متغير صوائت ثنائية. لاحظ أن نهايات الصوائت الثنائية ذات تجاويف المجرى الصوتي المناسب ل [ei],[ɔi],[ai],(i) تنطوي على تحريك لساني إلى الأمام وإلى الأعلى من تلك المواقع اللازمة في[e] ,[a] و[ɔ]وتنطوى نهايات الصوائت الثنائية ذات تجاويف المجرى الصوتى المناسب لـ [u]، ([ou] و [au]) على تحريك لساني إلى الخلف والأعلى متزامن مع تقليص في فتحة الشفتين. وغالباً ما تدغم أصوات [ii] و[Uu] كما في «see» و «sue». لكن تغيرات المجرى الصوتى والتغيرات الرنينية أقل كثافة من الصوائت الثنائية الأخرى. لقد أظهرت الدراسات السمعية لتغيرات التشكيلات الموجبة المميزة في الصوائت الثنائية إزحات، التشكيل الموجي الأول والتشكيل الموجي الثاني، متميزة في كل صائت ثنائي بنفسه. فقد قاس هولبرك (Holbrook) وفيربانكس (Fairbanks) ترددات التشكيلات الموجية للصوائت الثنائية من طيوف عشرين متكلماً رجلاً يلفظون:

«My name is John –» مع «Hay» ، «Hoy» ، «Hoe» ، «Howe» ، «Hugh».

كأسماء في النهاية، يظهر تثبيت التشكيل الموجي الأول والثاني في الجدول البياني تداخلا سمعياً، ولكن عندما اقتصرت العينات على تلك الأمثلة الأقرب إلى الوسط ظهرت الأنماط بوضوح وتميز أكبر. يظهر الشكل (4.78) أن الصوائت الثنائية الأطول ذات التغيرات الكثيفة مثل (/ai/, /au/ و /ɔi/) لا تصل إلى مواقع [i] و [u] النهائية على نحو أكبر منه في الصوائت الثنائية الأقصر مثل([ei], [ou]، و [ju])



1كيلو هرتز 2كيلو هرتز 3كيلو هرتز

الشكل 4.78: التشكيلات الموجيات الأول والثاني في الصوائت. ثبتت ترددات التشكيل الموجي الأول على المحور الشاقولي، وثبتت ترددات التشكيل الموجي الثاني على المحور الأفقي تشير الأسهم إلى اتجاه حركة التشكيل

وقد لاحظ المؤلفان أن [ei] تمتد من [ai] على نحو متصل تقريباً، كما تمتد [ou] من ، ويمثلان مجتمعَين غور مثلث مقلوب. أما العضلات المستخدمة في الصوائت الثنائية، فهي مشابهة لتلك المستخدمة في الصوائت ماعدا تحول الانقباض العضلي تدريجيا، في بعض الأحيان، إلى مجموعة عضلية أخرى. فعلى سبيل المثال تحل عضلات اللسان الرافعة، والدافعة إلى الأمام في إصدار [ai] محل عضلات اللسان الخافضة تدريجياً كالعضلات الذقنية ـ اللسانية والعضلات اللامية ـ اللسانية. وقد قاس بيترسون (Petrson) وليهست (Lehiste) فترات الصوائت الثنائية مع نوى المقاطع الأخرى واكتشفا أن الصوائت الثنائية القصيرة التي سمياها «Tense mono phthongs» مثل [ei], [ou] و [3i] تتغير ببطء ولكن بثبات، في حين أن الصوائت الثنائية الأطول كـ [ai], [au] و [ɔi] أظهرت حالة ثابتة في البداية متبوعة بتحول أو انتقال بانزلاق أقصر قرب الهدف أو الموقع النهائي. والصوائت الثنائية، الواقعة في قلب المقطع صعبة على المتكلمين الصم، حيث تكون تغيرات المجرى الصوتي المفتوح نسبياً دقيقة وصعبة التحديد بدون سماع الاختلافات. على نحو أنموذجي، يميل المتكلمون الصم إلى تحييد تباين التشكيلات الموجبة المميزة بين الصوائت.

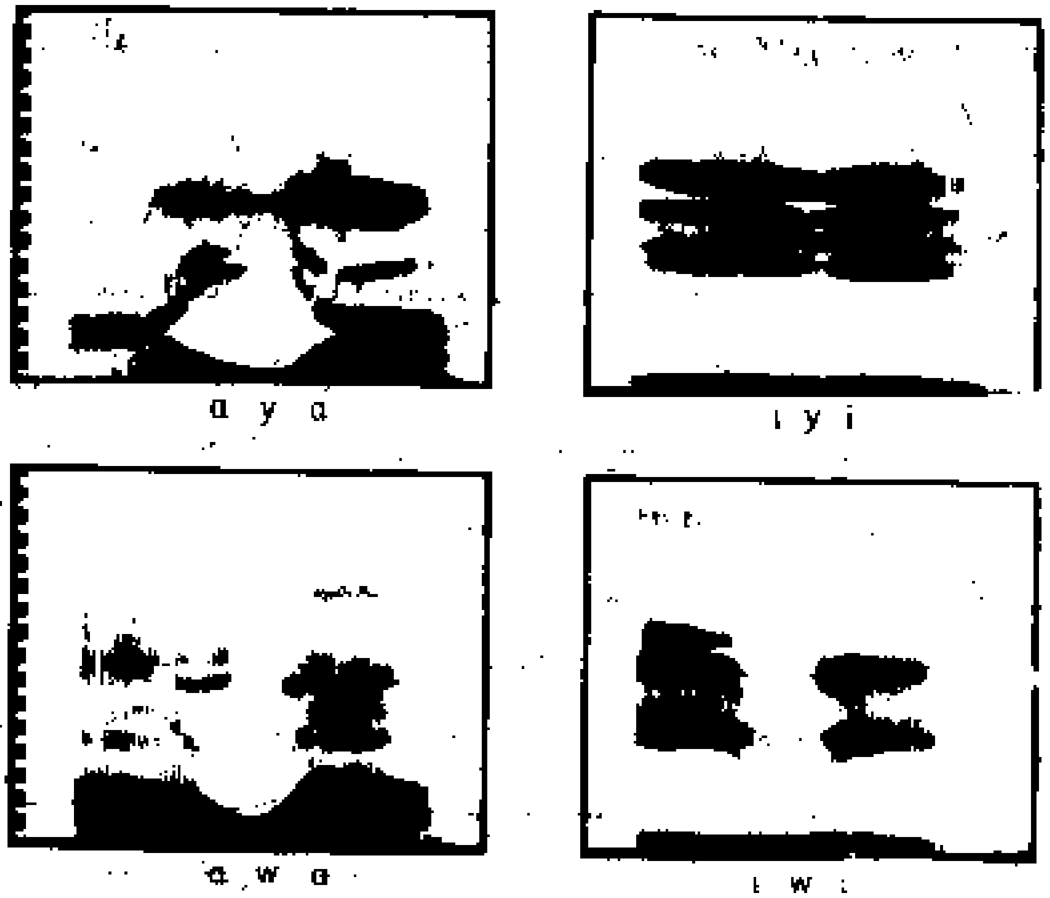
إصدار أنصاف الصوائت Semi - vowel production

تسمى الأصوات /w/، /j/، /r/، و /L/ كما في «we»، «you»، «right»، و «light»، في أغلب الأحيان، بأنصاف الصوائت لأنها، تتمتع برنين مرتفع. يمكن تطويل /r/ و /L/ عندما تقعان في نهاية المقطع كما في «car» أو «full»، وتبدوان أقرب إلى الصوائت. وإذا لفظت /u/ أو /i/ ببطء كافي، فستشكل أصوات ثنائية جديدة [un] و [in]. ومع أن المجرى الصوتي يبقى مفتوحاً نسبياً، كما هو الحال في الصوائت والصوائت الثنائية لكنّ أنصاف الصوائت تعدّ من الصوائت. لماذا؟. القضية أكبر من كونها تمييزاً سمعياً. تصنّف أنصاف الصوائت بوصفها صوامت لأن وظيفتها في اللغة هي تحرير الصائت أو الصائت الثنائي. فعلى سبيل المثال: /wir/ ممكنة في الانجليزية، أما /iwr/ فغير ممكنة لأن المقطع يفتقر إلى نواة. لا يستخدم المجرى الصوتي المفتوح، والصوائت العالية الرنين والصوائت الثنائية كنوى على الجملة. تقع أنصاف الصوائت، ذات المجرى الصوتي المفتوح والمتمتعة برنين كالصوائت تقريبا، بجانب النواة في السياقات التي تمتلك تجمعات

صامتية. تقع أنصاف الصوائت [spring]، [splæʃ]، [twin]، [kjut] في «spring»، «splash»، «twin» و«cute» ملاصقة تماما للصوائت أو الصوائت الثنائية لكنه يحدث أحياناً أن تؤلف أنصاف الصوائت نوىً للمقاطع. وتشارك أنصاف الصوائت هذه الفرصة مع جاراتها التي تتمتع برنين عالٍ أيضاً أي: الأصوات الأنفية. فعلى سبيل المثال: هناك نواتان في كلمة «table» الأولى: هي الصائت الثنائي في المقطع الأول، والثانية هي /l/ في المقطع الثاني.

وعندما ينوب الصامت عن الصائت، توضع نقطة تحت الكتابة الصوتية كي تشير إلى صامت مقطعي. ومن أمثلة ذلك: «bottle»، [batl̩]، «chasm» [kæzm̩] و «up or down»، [ʌp r̩ daʊn].

يمكن تقسيم أنصاف الصوائت على: أنصاف الصوائت المنزلقة وهي /j/ و /w/ وأنصاف الصوائت السائلة وهي /l/ و /r/. والمنزلقة اسم دقيق لأن طيوفها الصوتية، كطيوف الصوائت الثنائية تظهر انزلاقاً للأعلى أو الأسفل في التشكيلات الموجية الأساسية وفقاً للسياق. أنظر الشكل (4.79).

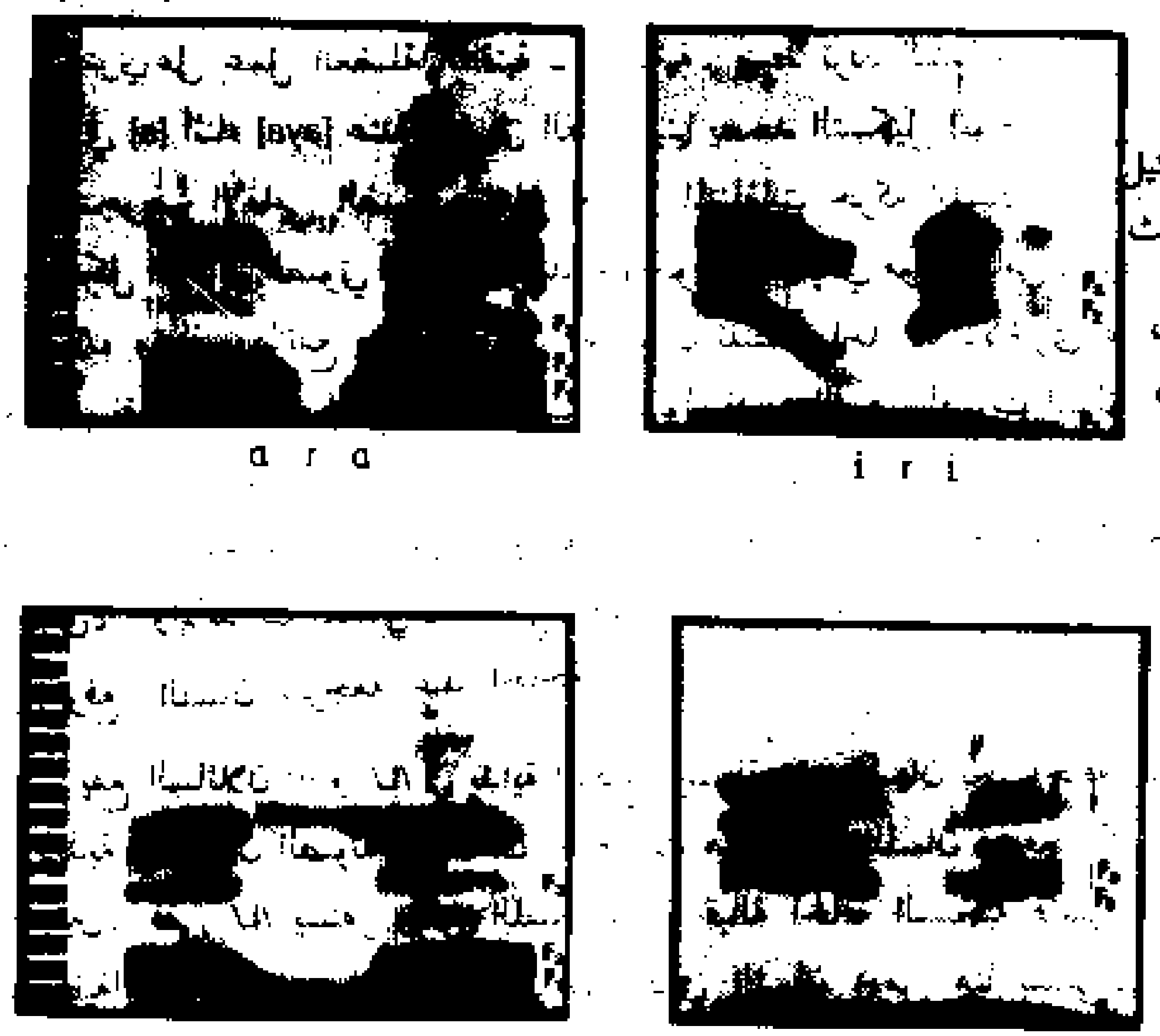


الشكل 4.79: صور طيفية لـ /aja/، /awa/، /iwi/. لاحظ أن حركة التشكيل الموجي الثاني أكبر في /aja/ منها في /iwi/، بينما تشبه حركة التشكيل الموجي الثاني في /awa/ حركته في /iwi/.

إن /j/ منزلقة حنكية، تقترب فيها مقدمة اللسان من الحلق في نقطة أكثر تقدماً في /ye/ منها في /ya/، لكنّ النقطة ليست بعيدة من نقطة الصائت الأمامي المرتفع، ومن ثم فهي تحتوي على عمل العضلة الذقنية ـ اللسانية. يهبط تردد التشكيل الموجي الأول المرتفع في [a] أثناء [aya] عندما يضيق الفم، بينما يصعد التشكيل الموجي الثاني عاكساً رنين التجويف الأمامي الضيق. يحتاج إصدار المنزلقات لحركة اللسان والشفتين كي يتغير شكل المجرى الصوتي من نقطة البداية (يكون اللسان في موقع أمامي، مرتفع عند بداية /j/، وخلفي مرتفع والشفتان على وشك أن تلتصق إحداهما بالأخرى عند بداية /w/) إلى نقطة الصائت التالي. إن الصوت الوصول إلى هناك هو الصوت المنزلق. تشبه المنزلقات الصوائت الثنائية، لكن فترات انتقالها أسرع. لاحظ أن لـ /w/ موقعين للفظ: التضييق الشفوي الذي تسببه العضلة الفمية المدارية والعضلات الشفوية الأخرى، والاقتراب اللساني ـ الحنكي الذي تسببه عضلات كالعضلة الابرية ـ اللسانية التي ترفع اللسان وتُرجعه عند الحاجة.

يقع السائلان /r/ و /L/ في بداية المقطع بوساطة رفع اللسان نحو الحافة السنخية مع ذبذبة في الحبال الصوتية. وتحدث اختلافات هيئة رأس اللسان وموقعه التمييز بين الصوتين. ففي /L/ يستقر رأس اللسان بخفة قبالة الحافة السنخية قاسماً الموجات الضغطية إلى تيارين هوائيين يخرجان من طرفي اللسان (ومن هنا يسمى، غالباً، بالجانبي). أما في /r/، فينحني اللسان إلى الخلف ولا يلمس الحافة السنخية، وبذلك تخرج الطاقة السمعية من وسط الفم، وغالباً ما تكون الشفتان مدورتين. يثني العديد من المتكلمين قمة لسانهم نحو الخلف وتكون مشدودة أكثر في لفظ /r/. وبما أن حركة رأس اللسان حاسمة في السوائل، يتوقع المرء أن تكون العضلة الطولانية العليا نشطة على نحو خاص. ويمكن للعضلة المقابلة ـ العضلة الطولانية الداخلية ـ أن تكون أكثر نشاطاً في /r/ منها في /L/. وخاصة إذا كان لفظ /r/ مصحوباً برأس لسان مشدود نحو الخلف (Retroflexed). في حين ينفذ عمل مشترك للعضلة العمودية والعضلة العرضانية

سحل ظهر اللسان العلوي. تنعكس هذه النتائج السمعية لحركات قمة اللسان، إلى حدٍ ما، في التشكيل الموجي الثاني، الشكل (4.80)، لكنّها واضحة خاصة في تغيرات التشكيل الموجي الثالث. تهبط ترددات التشكيل الموجي الثالث في /r/ إلى ما دون ترددات التشكيل الموجي الثالث النموذجية للصوائت، أما في /l/ فلا تحيد عنها كثيراً.



الشكل 4.80: صور طيفية لـ /ara/، /iri/، /ala/ و /ili/. لاحظ أن التشكيل الموجي الثالث يكاد يلتصق بالتشكيل الموجي الثاني في /r/ إلا أنه يبقى عالياً في /l/.

وتختلف /l/ و /r/ عندما يقعان في نهاية الكلمة عنها عندما يقعان في بدايتها. تصدر /l/، الواقعة في أول الكلمة، عندما ينهي المتكلم التصاق اللسان باللثة، لا يمكن حبستها وإلا أصبحت ثقيلة (صوتاً كاملاً (مرخمة)). وإن /l/ في نا- نا- نا صوت جانبي متحرر، أما عندما تكون كاملة (مرخمة) فإن الاتصال يبقى أثناء ذبذبة الحبال الصوتية. وحتى عندما تتوقف، يستطيع المتكلم أن يحافظ على الاتصال اللساني - الحنكي؛ ولا

توجد هناك مشكلة سوى تعب اللسان. فلا غرابة في اختلاف الصوتين، حيث يحرر أحدهما الصائت، بينما يلتقطه أو يحبسه الآخر، وكذلك تختلف /r/ في البداية عنها في النهاية. حيث تفقد صفة الصامت وتصطبغ بصبغة الصائت الذي تتبعه. يحذف بعض المتكلمين [r] الواقعة في نهاية «car»، «hear» أو «sure» ويستعيضون عنها بتمديد أو إطالة الصائت أو بالتحرك نحو مجرىً محايد للتعويض عن /r/ الغائبة: «hear» تصبح [h] أو [hii]. أما المتكلمون الذين يصدرون تلوين /r/ كي يشيروا إلى /r/ في نهاية المقطع فيرفعون ظهر لسانهم المثني نحو الحنك الذي يصدر هو نفسه تشكيلاً موجياً ثالثاً منخفضاً عن ذلك الصائت وهو سمة /r/ في هذا السياق. وما اختلاط الأمر بين /r/ و /L/ على متكلمي الانجليزية الشرقيين الذين يتكلمون الانجليزية لغةً ثانية إلا شاهداً على التشابه السمعي بينهما. وغالباً ما يصدر الأطفال الذين يطورون تعويضات كلامية متنامية /w/ الأسهل بدلاً من السوائل أو يصدرون في بعض الأحيان /j/ بدلاً من /L/ و /w/ بدلاً من /r/. ويمكن أن تسمع:

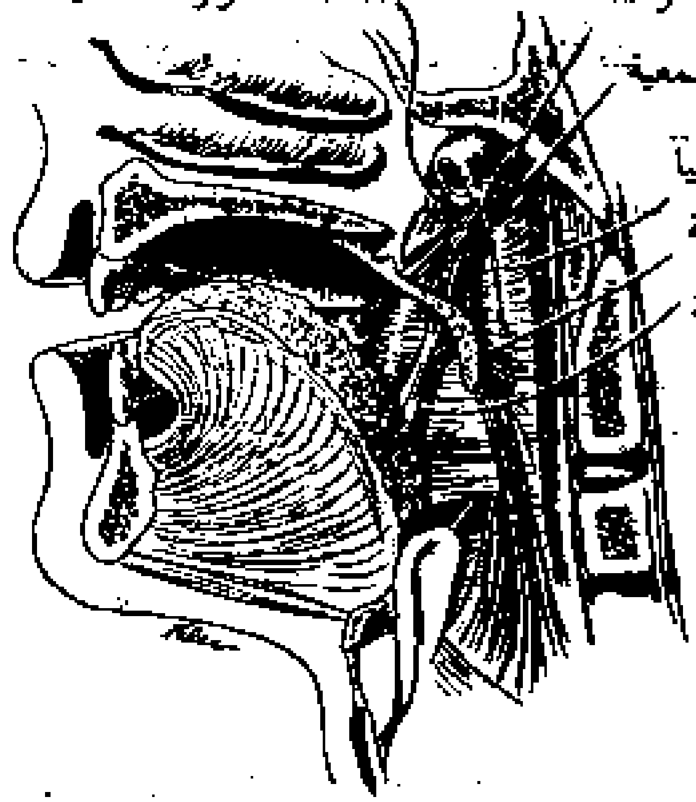
«The little rabbit likes carrots».
[dajıtawæbajaikskæwats]

Velparyngeal Port: — الميناء الأنفي ـ البلعومي:

Vocal Tract Modifier — تحوير المجرى الصوتي

ترنّ معظم الأصوات الكلامية في اللغة الانجليزية في مجرى مؤلف من تجويفين: التجويف البلعومي، والتجويف الفمي، يمتد من الحبال الصوتية إلى الشفتين. وهناك ثلاثة استثناءات لهذه القاعدة وهي الأصوات التي تحتاج إلى رنين إضافي في التجاويف الأنفية: /m/, /n/ و /ŋ/ كما في كلمة «mining». ويجب أن تكون التجاويف الأنفية مغلقة معظم الوقت، عند إصدار الأصوات الفمية أثناء الكلام المستمر، ومع ذلك، يجب على المدخل أن يكون مفتوحاً في ثلاثة الأصوات الأنفية الآنفة الذكر. يسمى المدخل إلى التجاويف الأنفية الكبيرة من التجاويف البلعومية والفمية بـ «الميناء الأنفي ـ البلعومي» لأن المدخل يقع بين اللهاة وجدران البلعوم. ويمكن إغلاقه بوساطة رفع اللهاة وترجيعها حتى تدنو من الجدار البلعومي الخلفي.

إن العضلة الرئيسة المستخدمة في إغلاق الميناء الأنفي البلعومي هي العضلة الحنكية الرافعة، وتنهض هذه العضلة المزدوجة من قسم العظم الصدغي العظمي السفلي ومن قسم غضروف القناة الأذنية السفلي، تتجه نحو الأسفل والأمام منحنية في منتصف كل طرف حتى تدخل الحنك الرخو إلى داخل اللهاة؛ وتمتزج الألياف من كل طرف مشكلة منتصف الحنك أو وسطه الرخو (الشكل 4.81).



الشكل 4.81: مقطع رأسي نصف سهمي يظهر عضلات القسم البلعومي. لم تدرس العضلة الحنكية ـ البلعومية في النص لكنها تشكل معظم العمود الحلقي (الحلقومي) الخلفي.

تأخذ الألياف العصبية العضلية شكل مقلاع قادم من قسم البلعوم الأنفي ـ الفلوي ـ الخلفي إلى الأسفل والأمام مشكّلة الحنك الرخو. إن زاوية اندراج العضلة الرافعة الحنكية تسبب رفع الحنك الرخو وترجعه عندما تنقبض. يغلق هذا العمل مدخل التجاويف الأنفية، ويعصّب العضلات الحنكية الرافعة ضفيرة الأعصاب البلعومية، وهي مجموعة من الأعصاب يشكلها العصب الثانوي الحادي عشر والعصب

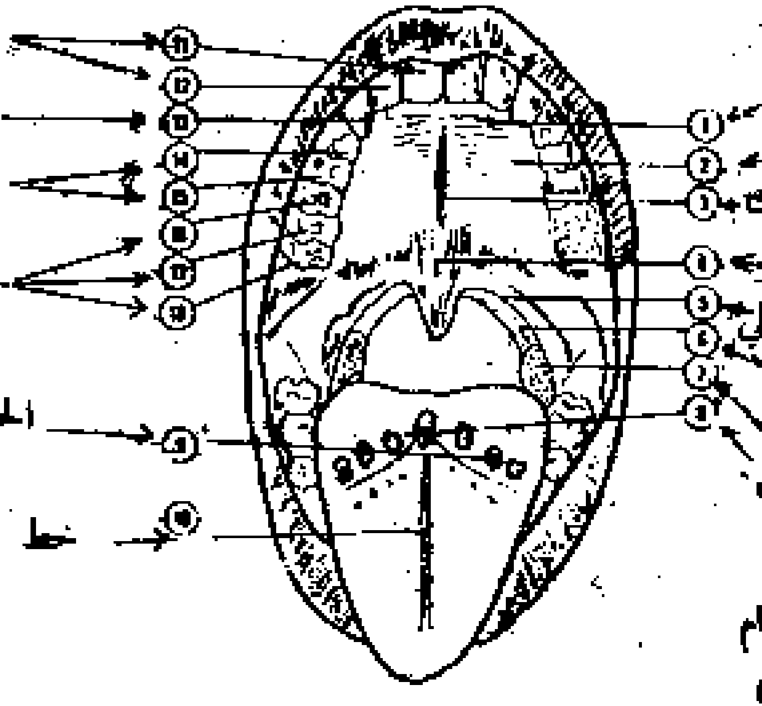
المبهم (العاشر)، والألياف الحسية للعصب اللساني - البلعومي التاسع. أما التعصيب الحركي فهو مسؤولية العصب الحادي عشر أساساً.

على الرغم من أن اللهاة لها جهازها العضلي المستقل (عضلة اللهاة) لكنها تسهم على نحو ضئيل أو لا يذكر في الرفع والإرجاع الحقيين الضروريين للأصوات الفمية، ولا حتى العضلة الموترة الحنكية التي تنشط في فتح القناة السمعية التي تصل الأذن الوسطى. لقد أظهرت دراسات التخطيط الكهربائي للعضل التي أجراها لوبكر (Lubker) وفرتزل (Fritzell) وبيل برتي (Bell - Berti) أهمية نشاط العضلة الحنكية الرافعة بوصفها عاملاً نشطاً في إغلاق الميناء الأنفي - البلعومي. ولقد زودتنا دراسات التصوير السينمائي الفلوري التي أجراها مول (Moll) وآخرون مع دراسات بصريات الألياف التي قامت بها بيل برتي وزملاؤها بمعلومات متحركة بخصوص حقائق النشاط العضلي. راجع الفصل السادس لوصف لتقنيات البحث التي يتطلبها التخطيط الكهربائي للعضل وبصريات الألياف والتصوير السينمائي الفلوري.

يرفع المتكلمون اللهاةويرجعونهاليجعلوا على أشد إحكام من أجل الصوامت، وخاصة الاحتكاكيات كما في /s/ لأن هذه الصوامت تتطلب ضغطاً هوائياً فمياً مرتفعاً (ضغطاً هوائياً داخل التجويف الفمي)، حيث يؤدي أي تسرّب للهواء إلى التجاويف الأنفية إلى تقليل الضغط اللازم. وعلى الجملة، تكون العضلة الحنكية - الرافعة أكثر نشاطاً في الصوامت منها في الصوائت. وتستثنى الأصوات الأنفية من هذه القاعدة. يرافق نشاط العضلة الحنكية الرافعة، عادة، الانغلاق البلعومي، لكنه ليس من الواضح إن كانت الحركة نتيجة نشاط العضلة الحنكية الرافعة أو انقباض العضلات القابضة.

تتصل اللهاة أو الحنك الرخو باللسان بعضلة سميت، على نحو مشوش، في بعض المراجعبالعضلة الحنكية اللسانية، والعضلة اللسانية - الحنكية في بعض المراجع الأخرى. يتألف العمودان الحلقيان الداخليان اللذان يمكن للمرء ملاحظتهما في فم مفتوح (الشكل 4.82) من العضلات الحنكية - اللسانية. وبما أن العضلة الحنكية - اللسانية ترتفع بدءاً من ألياف العضلة المستعرضة داخل مؤخرة اللسان صاعدة إلى الحنك الرخو من كل طرف كي تشكل العمود الحلقي الداخلي، فإنه يمكن لانقباضها أن

يخفض الحنك أو أن يرفع أطراف اللسان ومؤخرته. وهي نشطة، عند بعض المتكلمين، في رفع اللسان اللازم لإصدار بعض الصوامت الحلقية /k,g/ وربما في تخفيض الحنك الرخو من أجل /m,n,ŋ/. ويمكن للمتكلمين أن يحققوا رنيناً أيضاً من خلال إرخاء عضلات الحنك الرافعة، أو بعدم انقباض العضلة الرافعة حتى بداية الصائت اللاحق تماماً في حالة الأصوات الأنفية الأولية (أول الكلمة). ولذلك تبقى اللهاة، في معظم الوقت الذي يتكلم فيه المرء، مرفوعة على نحو فعّال، وتخفض اللهاة عندما تتطلب رنيناً أنفياً في /ŋ,n,m/.



الشكل 4.82: مخطط بياني لأبنية التجويف الفمي. يمكن رؤية اللهاة في نهاية الحنك الرخو.

وتختلف درجة انقباض الآلية الأنفية ـ البلعومية أو انغلاقها وفقاً للسياق الصوتي من الوضعية المفتوحة في الأصوات الأنفية، إلى الوضعية الوسطى الملازمة للصوائت المنخفضة، إلى الوضعية الأكثر انغلاقاً تقريباً في الصوائت المرتفعة، إلى الوضعيات المنغلقة الملازمة للصوامت الفمية، يرافق الصوائت المرتفعة /i/ و /u/ كما في «see»، «sue»، لهاة أكثر ارتفاعاً من تلك المرافقة للصوائت المنخفضة /a/ و/æ/ كما في «hot» و «hat». ويكون نشاط العضلة الحنكية ـ الرافعة على أضعفه في الصوامت الأنفية وعلى أشدّه عند الذهاب من صامت أنفي إلى صامت فمي يتطلب ضغطاً هوائياً فمياً مرتفعاً.

وقاعدة عامة هي أنه لن توجد هناك صفة أنفية صوتية واضحة إذا اقتربت اللهاة على بعد 2 ملم من البلعوم فحسب (عقدة متغلقة مفتوحة مساحتها حوالي 20 ملم²)؛ أما الانفتاح الأكبر فيحقق رنيناً أنفياً، ويسمع الكلام، على نحو أكيد، بوصفه صوتاً أنفياً عندما تكون المسافة 5 ملم (مساحة قدرها 50 ملم²).

يلعب الارتفاع الحلقي دوراً هاماً في تعديل حجم الهواء، ومن ثم في تعديل الضغط داخل التجاويف الواقعة فوق الحنجرة. ويساعد هذا التعديل في التمييز مجهور/غير مجهور في إصدار الصوامت. ولعلك تتذكر أنه ابتغاء الحفاظ على ذبذبة الحبال الصوتية يجب أن يفوق ضغط الهواء تحت الحبال الصوتية (الضغط التحتحنجري) ضغط الهواء فوق الحبال الصوتية (الضغط فوق الحنجري) ومن الصعب الحفاظ على هذا الهبوط الضغطي عبر المزمار أثناء إصدار أصوات الوقف المجهورة لأن فعل إيقاف التيار الهوائي نفسه يسبب ارتفاعاً مفاجئاً في ضغط الهواء فوق الحنجري، من ثم يبدّد الفرق الضغطي عبر الحبال الصوتية. يمثّل تمديد صغير في حجم الهواء فوق الحنجري، خلال أصوات الوقف، الضغط للحفاظ على ذبذبة مستمرة للحبال الصوتية. وتقدم بيل بيرتي اكتشافات، بوساطة تخطيط نشاط العضل الكهربائي، تشير إلى أن المتكلمين يختلفون في أسلوب توسيع الفراغ فوق الحنجري، فبعضهم ينجز ذلك بوساطة رفع أكبر للهاة، بعضهم الآخر من خلال إرخاء أكبر في العضلات القابضة، أو من خلال تخفيض الحنجرة. وسنناقش وظيفة اللهاة هذه بتفصيل أكثر عندما نناقش إصدار أصوات الوقف، فيما بعد، في هذا الفصل.

يمكن إرجاع الفشل في تنفيذ تعديلات مقبولة إدراكياً في الآلية الأنفية ـ البلعومية إلى اضطرابين: «أنفية مفرطة» و «دون المستوى الأنفي الصحيح». ويصحب الحالة الأولى رنين أنفي مفرط، بينما يصحب الأصوات الأنفية (m,n,ŋ)، في الحالة الثانية، إثارة من الرنين الأنفي. وتظهر مشكلة الأنفية المفرطة، بوضوح، عند المتكلمين الذين ولدوا بشق حلقي، وتلك حالة يفشل فيها قسم من الحنك أو الحنك بتمامه من الاتحاد. وحتى بعد إجراء العملية الجراحية لإغلاق الحنك، يمكن للهاة أن تكون صغيرة للغاية أو تنقصها القدرة العضلية لإغلاق التجاويف الأنفية على نحو محكم ومناسب. ولا ينشأ عن هذه الحالة رنين أنفي مفرط في إصدار الصوائت فحسب، ولكنها تمنع المتكلم من

بناء ضغط كافٍ وفعّال في التجويف الفمي لإصدار أصوات الوقف والأصوات الاحتكاكية. ويصدر الصم درجات غير مناسبة من الرنين الأنفي أيضاً ـ ولكن لسبب مختلف ، حيث لا يمكنهم سماع الفروق الأنفية ـ الفمية التي يصنعها المتكلمون السامعون.

ولا يحدث غالباً سوى رنين أنفي قليل عندما يعاني المتكلمون من احتقان أنفي بسبب أمراض البرد. وفي بعض الحالات تحدث الأنفية المفرطة والتي دون السوية الأنفية الصحيحة عند المتكلم نفسه لأن كلاًّ من الانقباض والارتخاء الحلقيين غير متزامنين. يظهر هذا الاضطراب، أحياناً عند الناس الذين يعانون من شلل دماغي.

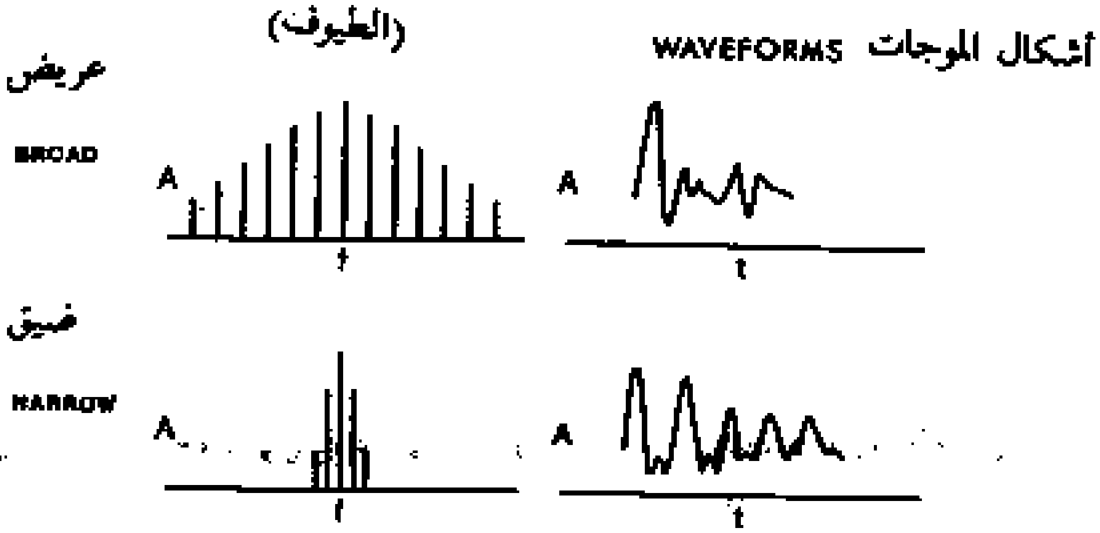
إصدار الأصوات الأنفية Nasal Production

علينا النظر في مصدر الصوت ورنين المجرى الصوتي في الصوائت والصوائت الثنائية فحسب. أما في الصوامت، فيصبح المجرى الصوتي ضيقاً كثيراً بحيث لا يتذبذب (المجرى الصوتي) بسعة كبيرة إلى ترددات معينة (رنين) فحسب، بل تحدث الإنسدادات والتضييقات اللازمة لإصدار الصوامت قوة متضائلة في طبقات بعض الترددات (رنين ـ مضاد) يتبادل الرنين وضده التأثير ويمكن أن يلغي أحدهما الآخر إن كانا متقاربين في التردد. وفي بعض الأحيان، يكون لرنين مضاد، يحدث في منتصف رنين عريض، أن يقسم الرنين الواحد بحيث يبدو كأنه شكلان من الرنين.

لا بدّ من الرنين الأنفي في إصدار /ŋ,b,m/ في الإنجليزية، ومن ثم نجد أن اللهاة منخفضة، ومدخل الفجوات الأنفية مفتوح تماماً. وفي الوقت نفسه نجد أن التجويف الفمي مغلق في واحدة من الطرق الثلاث الآتية: ففي /m/ تغلق العضلات الفمية المدارية، التي يعصبها العصب الوجهي (القحفي السابع) الشفتين. وهكذا لا يرن الصوت القادم من الحبال الصوتية في التجويف البلعومي والتجويف الفمي المغلق فحسب، بل يرن في التجاويف الأنفية الواسعة أيضاً. ويصدر الأنفي السنخي /n/ والأنفي الحنكي /ŋ/ بطريقة الشفوي نفسها /m/ تقريباً، ما عدا اختلاف موقع انسداد التجويف الفمي. ففي /n/، تلمس مقدمة اللسان أو رأسه الدقيق الحافة السنخية العليا في الحنك الرخو، وتلمس أطراف اللسان الخلفية الأطراف العلوية. أما في /ŋ/

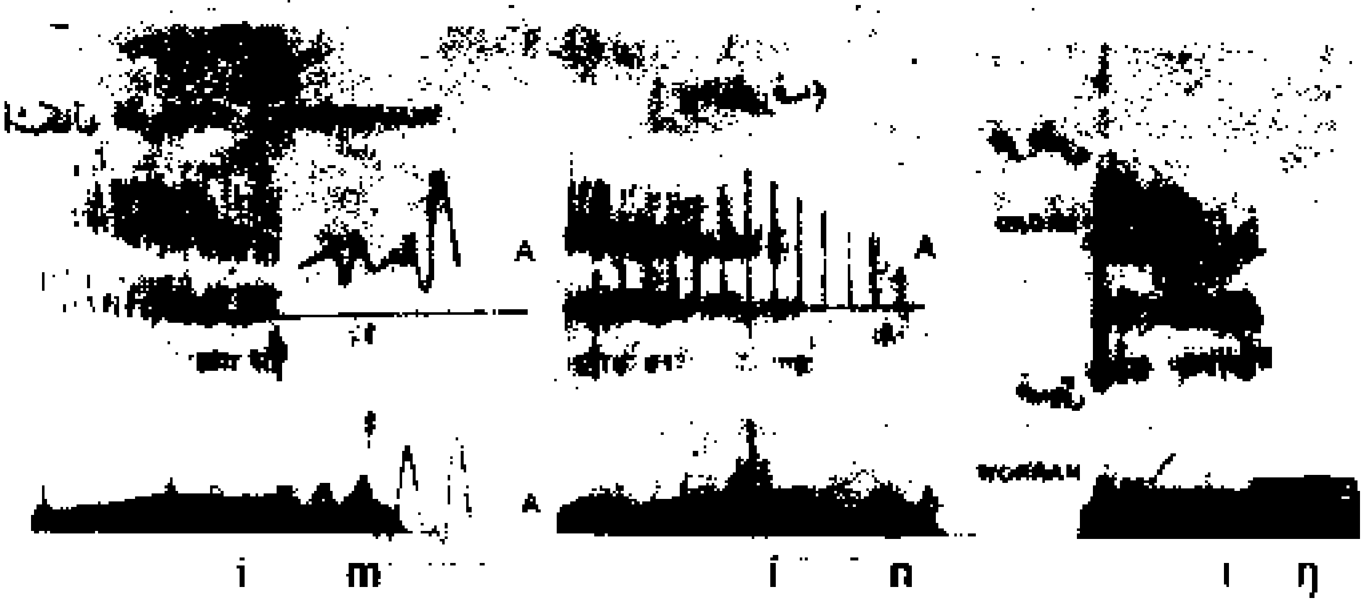
فيلمس سطح اللسان القسم الخلفي من الحنك القاسي أو الحنك الرخو مما يسمح لقليل من التجويف الفمي أن يرن بوصفه فرعاً جانبياً من المجرى الصوتي. حاول إصدار الصوامت الأنفية /m/، /n/، /ŋ/ إثر بعضها كي تحس كيف يتراجع موقع الإنسداد في التجويف الفمي إلى الخلف. يمكنك التأكد من وجود الرنين الأنفي من خلال وضع أصابعك بخفة على طرف أنفك وأنت تنفذ أصدار الأصوات.

تحدث إضافة الفروع الأنفية للمجرى الصوتي مرناناً أكبر وأطول. ونحن نعلم أنه كلما كان المرنان طويلاً كانت الترددات التي يستجيب إليهـا، على نحـو طبيعي منخفضة. يصف فوجيمورا «Fujimura» نتائج إغلاق التجـويف الفمي السمعية، والحفاظ على اللهاة منخفضة لإعطاء الرنين الأنفي في الأصوات الأنفية المجهورة /m/، n، /ŋ/ بوصفها إضافة سمة دمدمة أنفية ضمن طبقة 200 - 300 هرتز في المجرى الصوتي المذكر. ويكون هذا الرنين أو التشكيل الموجي المميز، كما يظهر في الطيف الصوتي، أقل في [m] منه في [ŋ] بسبب تزايد تقليل حجم التجويف الفمي نتيجة تحرك نقطة الإنسداد نحو الخلف في الفم. وسمة أخرى للأصوات الأنفية هي إضعـاف التشكيلات المـوجية المميـزة العليـا المتصلة بتلك المـوجـودة في الصـوائت المجاورة. وإن إضعاف الرنين هو، جزئيـاً، نتيجة إستجـابة تـردد النطاق الأوسـع المتحرك في المجرى الصوتي المطوّل. إنها حقيقة في علم السمعيات أن المرنان المولف على نحو واسع يخْمد بسرعة أكبر من المرنان المولف على نحو أضيق انظر (الشكل 4.83)



الشكل 4.83: أشكال موجات وطيوفها في مرنانات مولفة على مطاق عريض، ونطاق ضيق. لاحظ إن الخمود (وهن ـ ضعف) يحصل بسرعة أكبر في المرنانات المؤلفة على نطاق عريض منه في المرنانات المولفة على نطاق ضيق.

وسبب آخر لمعاناة الأصوات الأنفية من نقص في الشدة هو امتصاص الجدران الناعمة والتلافيف والتجاعيد ضمن التجاويف الأنفية للصوت. يغطي الغشاء المخاطي المحارات الأنفية المستقعة بالقدرة الصوتية تماماً كما تغطي القرميدات السمعية جدران غرفة معاملة صوتياً وسقفها. وهناك نقطة أيضاً وهي أن الفم لا يتسق بخطٍ واحدٍ مع المجرى الصوتي حيث تشع أو تنتشر الطاقة عند المناخر إلى حدٍ كبير. وبالإضافة إلى التضاؤل العام في شدة التشكيلات الموجية المميزة وسيطرة الرنين الأنفي المنخفض، هناك رنين مضاد يتمثّل بأنطقة ترددية ذات قدرة منخفضة بوضوح. أما المصطلحات الهندسية المستخدمة في وصف الرنين والرنين المضاد فهي الأقطاب (Poles) والأصفار (Zero) على التعاقب. تختلف طبقات التردد في الرنين المضاد المتصل بـ /m/، /n/ و /ŋ/ وفقاً لمكان النطق (ومن ثم بحجم التجويف الفمي الذي يعمل كأنبوب سمعي مغلق). يتميز الأنفي الشفوي [m] برنين مضاد أقل (في طبقة 500 - 1500هرتز) من ذلك في [n] (حوالي 2000 - 3000 هرتز) أو في [ŋ] (أكثر من 3000 هرتز). ويبدو أن هناك رنيناً مضاداً في منطقة 600 هرتز وهو ثابت في المجرى الصوتي المُذكَر بغض النظر عن موقع النطق. يظهر الشكل (4.84) التشكيلات الموجية العادية لـ [i] التي تضمحل مع الأصوات الأنفية. لاحظ إضافة الدمدمة الأنفية في [m] و [n].



الشكل 4.84: صوَر طيفيّة لـ [im]، [in] و [ıŋ]. لاحظ أن التشكيلات الموجية المميزة تفقد شدتها أثناء الأصوات الأنفية.

المجرى الصوتي مصدراً للصوت Vocal Tract as Sound Source

لقدرأينا كيف تُصدر الصوائت، وأنصاف الصوائت، والصوائت الثنائية والأصوات الأنفية على نحو أنموذجي من خلال إحداث صوت دوري في الحنجرة (الوظيفة المصدرية) يرن في المجرى الصوتي (الوظيفة التحويلية). وعلى نحو مماثل، هناك «استراتيجية» تقوم على إحداث أصوات كلامية لادورية في المجرى الصوتي، في التجويف الفمي عادة، ويرن هذا الضجيج الصوتي أيضاً في المجرى الصوتي، على نحو فعّال ومؤثر للغاية، في ذلك القسم من المجرى الذي يقع خلف نقطة إصدار الصوت أو موقع إصداره. وهناك ثلاثة طرائق لإصدار الصوامت تقوم على تحريك موجات ضغطية ضجيجية في المجرى الصوتي وهي أصوات الوقف، والإحتكاكيات وأصوات الوقف ـ الإحتكاكية.

أصوات الوقف (الانفجاريات) Stops or Plosives

هناك ستة أصوات وقف في اللغة الإنجليزية تشبه الصوامت الأنفية في مكان نطقها لـ (الشفوي، السنخي، الحنكي) وهي /g, k, d, t, b, p/ كما في «pie»، «buy»، «two»، «do»، «cow»، و «go». وعلى غرار الأصوات الأنفية، يكون التجويف الفمي مغلقاً في نقطة ما في كل مثال. لكن ذلك الإغلاق أو الإنسداد لا يشبه الاغلاق الأنفي (في الأصوات الأنفية) الذي يمكن تطويله. ومن ثم يمكن تسمية الأصوات بـ «الأصوات المستمرة». فالإنسداد من أجل أصوات الوقف (الإنسداد الوقفي) يحدث ارتفاعاً سريعاً في ضغط الهواء ضمن التجويف الفمي يحرر على نحو مفاجىء بوساطة فتح الإنسداد. ومن المستحيل تطويل دفقة الهواء المسموعة الناتجة. فهي عابرة أو مؤقتة. واختلاف ثان بين أصوات الوقف والأصوات الأنفية هو أن الأصوات الأنفية لاتحتاج إلى الضغط الهوائي الفمي المرتفع الذي تحتاجه أصوات الوقف، ومن ثم، فإن هناك حركة أكبر في تغير شكل التجويف الفمي خلال إصدار الأصوات الأنفية، وتلك نقطة سنناقشها بإسهاب أكبر عندما نناقش النطق المزدوج. واختلاف ثالث بين أصوات الوقف والأصوات الأنفية هو أن أصوات الوقف تخرج من الفم وليس من طريق التجاويف الأنفية. وأخيراً، إن الأصوات الأنفية مجهورة، في حين يمكن لأصوات

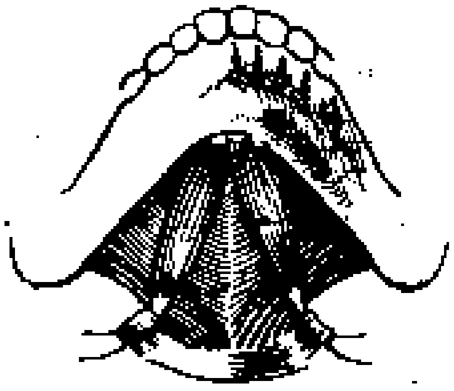
الوقف أن تكون مجهورة (مرافقة بذبذبة في الحبال الصوتية) أو غير مجهورة. قارن /p/ بـ /m/ لتكتشف بنفسك الاختلافات الأساسية في الفترة، والرنين وضغط الهواء الفمي بين أصوات الوقف والأصوات الأنفية.

ولكل صوت وقف غير مجهور في الإنجليزية هناك قرين مجهور. أضف إلى أصوات الوقف غير المجهورة /k,t,p/ (مصدر صوتي لادوري) ذبذبة الحبال الصوتية (مصدر صوتي دوري) وستحصل على /g,d,b/، وذلك اتحاد لمصدرين صوتيين. دعنا نناقش المقاطع المؤلفة من [b] أو [p] في البداية يليها صائت. تقوم في كل منها بتشكيل انسداد عند الشفتين يحرَّر فيما بعد. يختلف الصوتان، على أية حال، فيما يحدث في الحنجرة. تهتز الحبال الصوتية في [b] عند انفتاح الشفتين، بينما في [p]، لا تتقارب الحبال الصوتية فيما بينها إلا بعد وقت من تحرير الانسداد في القسم الأعلى من المجرى الصوتي. إنه التوقيت النسبي للحوادث المزمارية وفوق المزمارية التي تميز الأصوات المجهورة من غير المجهورة. ولقد سمّى ليسكر (Lisker) وأبرامسن (Abramson) هذا التوقيت النسبي في تحرير صوت الوقف وبداية ذبذبة الحبال الصوتية بـ «لحظة بداية الجهر» ويرمز له بـ (vot). تتميز أصوات الوقف غير المجهورة الاستهلالية في الإنجليزية بتأخير طويل بين التحرير ولحظة بداية الجهر. لكنه عندما يُسبق الوقف غير المجهور بصوت إحتكاكي كما في «pin» يَقصُر لحظة بداية الجهر وتصبح أكثر ميلاً إلى تلك التي في [b].

وإنه لأمر شائع أن نصف أصوات الوقف في الإنجليزية الأمريكية مثل [p] في [pin] بأنها [aspirated] وتلك التي في [spin] بأنها [un aspirated]. وتصف هاتان الكلمتان الإختلاف في أسلوب طرد الهواء، يمكنك أن تشعر بهذا الإختلاف من خلال وضع إصبعك أمام شفتيك أثناء قولك [pin] و [spin]. لكنه ليس من الواضح، على أية حال، أن الإختلاف بين هذين النطقين يرجع إلى تغيرات أو اختلافات في التوقيت.

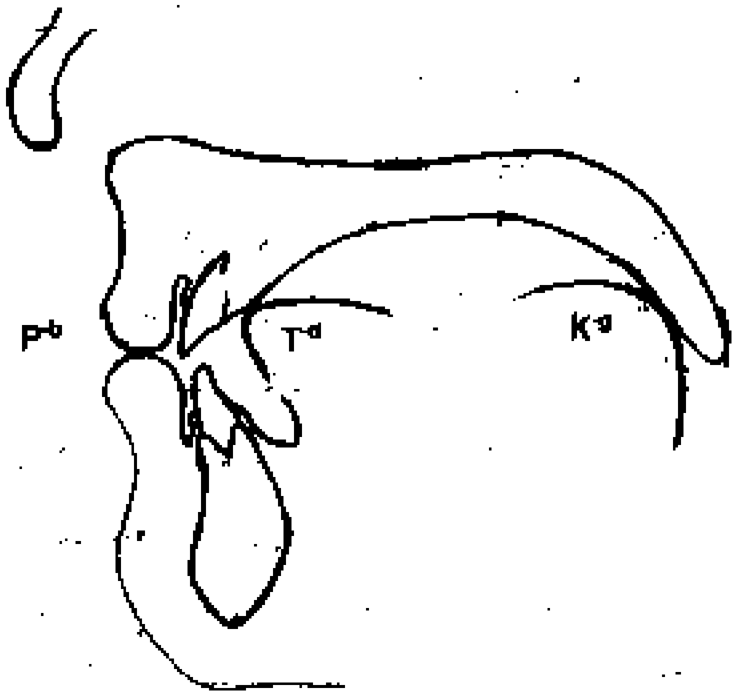
يساهم نشاط العضلة المدارية الفمية، وبعض العضلات الوجهية الأخرى في الإغلاق الشفوي في /p/ و /b/. ويصدر الإنفجاري السنخي /t/ وقرينه المجهور /d/ من خلال دفع رأس اللسان أو مقدمته إلى الأمام والأعلى كي يلامس الحافة السنخية أو الحنك الصلب. وتساعد العضلة الطولانية العليا، التي تتجه بعض أليافها العضلية

على طول سطح اللسان من الأمام إلى الخلف، في تحقيق هذا الإنسداد في التجويف الفمي. وهي، كعضلات اللسان الأخرى، معصّبة بالعصب التحتلساني (العصب الثاني عشر). ينتج الأنسداد اللازم في /K/ و/g/ مثل /ŋ/ عن رفع مؤخرة اللسان على طول سطحها، كي تلتصق أو تلمس الحنك الرخو أو الحنك القاسي. وغالباً ما يعتمد موقع النطق على السياق. فعلى سبيل المثال: إن مكان نطق /k/ في «key» هو أكثر تقدماً إلى الأمام منه في «caught». وهكذا، رغم أن /k,g,ŋ/ تصنّف على الجملة بأنها صوامت حلقية، فإنّ مصطلح حنكي ـ حلقي أكثر صواباً. وتكون العضلات الابرية ـ اللسانية، والعضلات الابرية ـ الحنكية في مواقع يمكن استخدامها في تحقيق إرجاع اللسان ورفعه اللازمين لهذا الإنسداد. وتؤدي العضلة الفكية ـ اللامية (الشكل 4.86)، وهي غور عضلي منبسط يتصل بطرفي الفك الأسفل الداخليين، وظيفة قعر التجويف الفمي.



الشكل 4.86: العضلة الفكية ـ اللامية من قعر الفم (إن العضلات المزدوجة الواقعة تحت العضلة الفكية ـ اللامية هي الحواف البطينية الداخلية للعضلة الثنبطينية التي
العضلة الفكية ـ اللامية هي الحواف البطينية الداخلية للعضلة الثنبطنية التي
تعمل على تخفيض الفك. لم تناقش هذه العضلات في النص).

يعصب هذه العضلة، كالأجزاء الداخلية للعضلات الثنبطينية الواقعة تحتها، الفرع الحنكي ـ اللامي من العصب المثلث التوائم (العصب الخامس) الذي يعدّ عادة عصباً حسياً ويزود المنطقة الوجهية بالأعصاب، لكنه يحتوي على هذا المكون الحركي. يؤدي انقباض الألياف العضلية في العضلة الفكية ـ اللامية إلى رفع قاع التجويف الفمي مما يساعد على رفع مؤخرة اللسان الثقيلة في إصدار /k,g,ŋ/. يقارن الشكل (4.86) بين مواقع نطق أصوات الوقف الشفوية، السنخية، والحنكية ـ الحلقية.



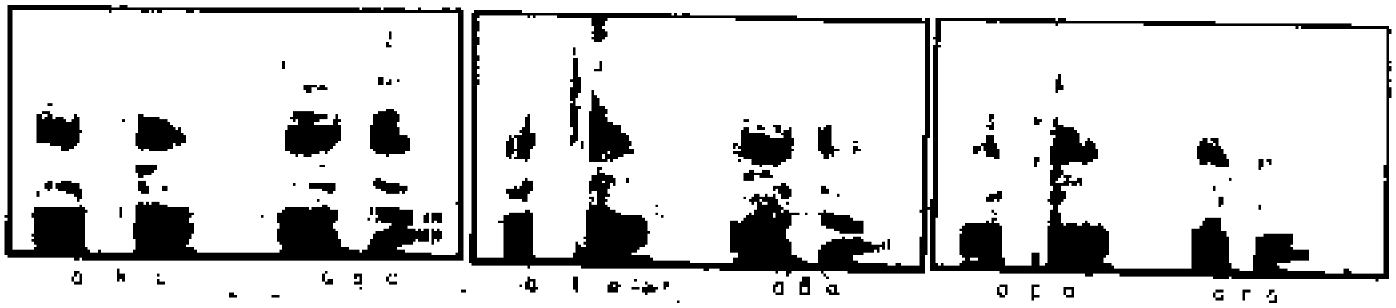
الشكل 4.86: مكان نطق أصوات الوقف الشفوية، السنخية، والحنكية ـ الحلقية.

وعندما يرتفع ضغط الهواء في التجويف على نحو كافٍ لإصدار صوت الوقف ترتخي العضلات المسؤولة عن الانسداد مما يسمح بانطلاق الهواء. وبالإضافة لذلك، ربما كانت هناك عضلات منخرطة في عملية تحرير الهواء. وغالباً ما تكون أصوات الوقف الواقعة في نهاية الكلمة غير انفجارية (غير متبوعة بدفقة هوائية). حيث يُصنع الانسداد، لكنه يمكن للمتكلم الحفاظ ببساطة على الإنسداد النطقي الذي صنعته الشفتان أو اللسان. ويبدو شيئاً متكلّفاً أو غير طبيعي أن تتبع أصوات الوقف في كل مرة نقول فيها «tap» أو «hat» بدفقة هوائية على الرغم من أننا نميل أكثر إلى اتباع [k] في «Sack» بدفقة هوائية. وفي جهود ناجحة لتقليل جهدنا إلى حده الأقل، ننطق كلمات بصوتي وقف معاً بتحرير واحد متبوع بدفقة هوائية واحدة. إننا نغلق للوقف الأول، وخلال الإنسداد نتحرك إلى مكان النطق الثاني وتصدر الدفقة الهوائية التابعة للوقف الثاني فحسب.

وهناك صوت وقف سابع، وهو الوقف المزماري الذي غالباً ما نسمعه على الرغم من عدم الاعتراف الكامل به في اللغة الإنجليزية (ناقشنا الوقف المزماري في القسم المتعلق بالنطق) إن مكان انسداد المجرى الصوتي هو المزمار. وهو الصوت

الذي يصدره جيمي كونرز «Jimmy Conners» في كل إرسال في لعبة التنس. وهو الصوت الذي سُمع بعض سكان نيويورك يستعيضون بهعن /t/ في «bottle» . [basl]، وكذلك تصبح «rotten»، [rasn] في كلام العديد من الناس. تشير النقطة تحت /l/ و /n/ إلى أنهما صامتان مقطعيان. إن درجة رنينهما العالية تمكنهما من أن يحلاّ محل صائت بوصفهما نواة مقطعية.

تتألف أصوات الوقف من ناحية سمعية من ثلاثة أحداث: الإنسداد، والتحرير وفي بعض الأحيان Aspiration (ضجيج انطلاق الهواء). هناك صمت أو سكون خلال فترة الإنسداد في أصوات الوقف غير المجهورة، وفي بعض الأحيان، هناك صوت منخفض في حالة أصوات الوقف المجهور، لكنه هناك فجوة سمعية / صوتية ملحوظة في نمط التشكيلات الموجية المميزة في كل من حالات أصوات الوقف غير المجهورة والمجهورة. يقارن الشكل (4.87) أطياف أصوات الوقف غير المجهورة بأطياف أصوات الوقف المجهورة.



الشكل 4.87: صور طيفية لأصوات الوقف المجهورة وغير المجهورة مع [a]. وهي: [apa]، [aba]، [ata]، [ada]، [aka] و [aga]. لاحظ السكون، أو الفجوة أثناء الإغلاق (الإنسداد). ونجد الدفقات الهوائية التي تشير إلى تحرير الإنسداد أكثر وضوحاً في أصوات الوقف غير المجهورة منها في أصوات الوقف المجهورة.

لاحظ الفجوات، وفترات السكون التي تحدث خلال انسداد التجويف الفمي. وعندما يتحرر الضغط الهوائي، الذي تزايد خلف الإنسداد، نجد أن هناك دفقة هوائية تبدو غالباً مثل نبضة عابرة في الطيف الصوتي لأنها لا تأخذ سوى وقت قصير جداً للغاية ولكنها تغطي طبقات واسعة من الترددات. ونجد تأكيداً للترددات العالية في /t/ و /d/، وتأكيداً على الترددات المنخفضة في /p/ و /b/، ويتنوع تأكيد الترددات في /k/ و /g/. وغالباً ما تتبع الدفقة الهوائية بمستوىً ما من الضجيج بوصفه علامات عشوائية في الطيف الصوتي. وعلى الجملة، تتمتع دفقات أصوات الوقف غير المجهورة الهوائية بشدة أكبر من قرائنها المجهورة.

يمكن رؤية الاختلاف في التزامن بين /p,t,k/ و /b,d,g/، الذي يسميه ليسكر وأبرامسن بـ «لحظة الجهر» (vot)، عندما يلحق أصوات الوقف الأمامية صائت. نجد أن الوقت بين النبضة العابرة التي تمثل الدفقة الهوائية، وبداية جهر التشكيلات الموجية المميزة التي تمثل الصائت اللاحق، غير مهم أو حتى سلبي في حالة أصوات الوقف المجهورة.

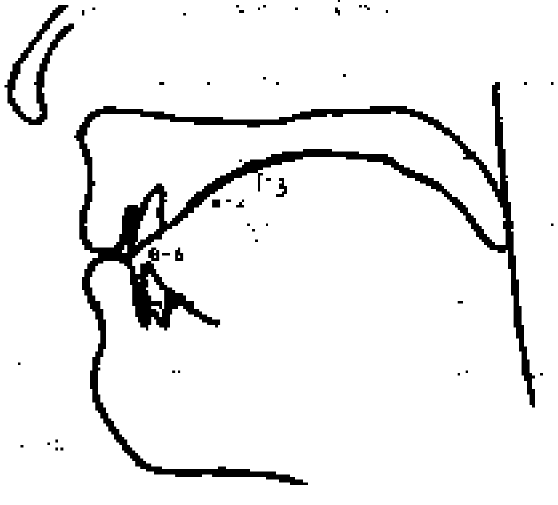
يعني قيد (vot) السلبية أن الجهر (ذبذبة الحبال الصوتية) يبدأ قبل الدفقة الهوائية. وتتمتع أصوات الوقف غير المجهورة الواقعة في بداية الكلمة في الإنجليزية بقيم vot موجبة، حيث أن هناك تأخيراً طويلاً نسبياً بين تحرير الدفقة الهوائية وبداية جهر التشكيلات الموجية المميزة، وبذلك يمكن فهم التميز بين أصوات الوقف غير المجهورة وأصوات الوقف المجهورة في بداية الكلمة بوصفه مقارنة في التزامن بين انفتاح الإنسداد النطقي وبداية ذبذبة الحبال الصوتية. وتستخدم اللغات الأخرى تبايناً تزامنياً مختلفاً. فعلى سبيل المثال تتميز الإسبانية بقيم vot أصغر من تلك الموجودة في الإنجليزية، وتكون أصوات الوقف غير المجهورة /k,t,p/ أقل اتباعاً بدفقات هوائية،

وتتمتع أصوات الوقف المجهورة بقيم vot سالبة حيث تحدث ذبذبة الحبال الصوتية أثناء الإغلاق، ومن ثم قبل الدفقة الهوائية.

والتأثير السمعي الأخير لأصوات الوقف هو تغير عابر سريع في حالة التشكيلات الموجية المميزة الثابتة نسبياً في الصائت المجاور. تعكس تغيرات التشكيلات هذه تغيرات الرنين عندما يغيّر المجرى الصوتي شكله من الإنسداد اللازم لصَوت الوقف إلى الشكل الأكثر انفتاحاً اللازم للصائت. وهكذا نجد أن السمات السمعية الممكنة المميزة لأصوات الوقف عدة: السكون، وعمود الجهر، والدفقة الهوائية، Aspiration، vot والتغيرات السريعة في التشكيلات الموجية المميزة. سنناقش، فيما بعد، في فصل إدراك الكلام، أهمية هذه السمات الزائدة عن الحاجة.

الأصوات الإحتكاكية (الإحتكاكيات) Fricatives

يمكن إنتاج العديد من أنواع الضجيج في المجرى الصوتي من خلال إرسال تيار الهواء التنفسي (مجهوراً أو غير مجهور) عبر أماكن ضيقة مُشَكّلَة ضمن المجرى الصوتي. يجب أن يكون التيار الهوائي قوياً على نحو كافٍ، وأن يكون المضيق ضيّقاً على نحو كافٍ أيضاً. يخلق الصوت الإحتكاكي (اهتزازات ضجيجية عشوائية في التيار الهوائي) تعتمد الأصوات الإحتكاكية في الكلام، كما هي الحال في صفير البخار الخارج من المشعاع، على ضغط تيار هوائي مستمر عبر ممر ضيّق. وهناك أربعة أماكن نطقية رئيسة تستخدم لإنتاج المضائق في الإنجليزية وهي: السني - الشفوي، اللساني - السنخي والحلقي. يوضح الشكل (4.88)، على نحو تخطيطي، مواقع المضائق الأربعة.



الشكل 4.88: مكان نطق الأصوات الإحتكاكية في الإنجليزية - الأمريكية: السني - الشفوي، اللساني - السني - السنخي والحلقي.

يصبح التيار الهوائي مسموعاً عند نقطة المضيق إن كان المزمار مفتوحاً، وأما إن كان المزمار مغلقاً بذبذبة الحبال الصوتية، فإن النتيجة تكون صوتاً ذا مصدرين: الصوت الدوري لذبذبة الحبال الصوتية، والصوت اللادوري للصوت الإحتكاكي. يجب أن تنقبض العضلة الحلقية الرافعة مغلقة الميناء الأنفي ـ البلعومي على نحو يمنع أي تسرب للهواء كي يمكن تطوير ضغط هوائي كاف في التجويف الفمي لإصدار الصوت الضجيجي. وهذا مهم، خاصة، في أصوات الوقف، والإحتكاكيات وأصوات الوقف ـ الإحتكاكية.

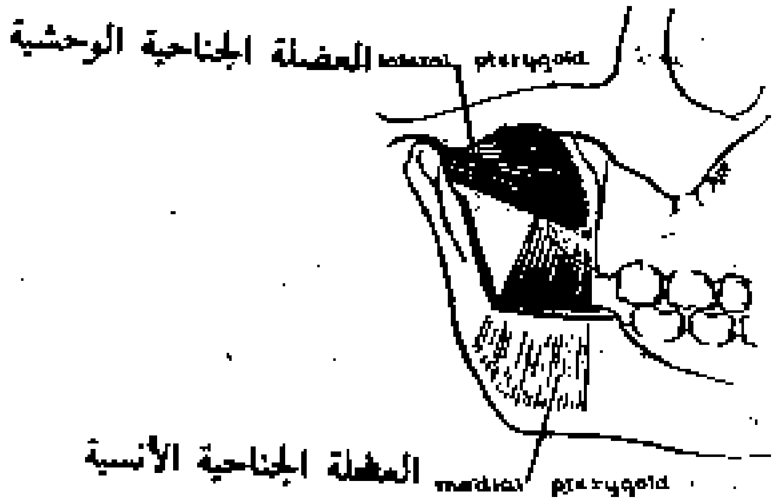
يتطلّب الإحتكاكيان الشفويان ـ السنّيان /f/ و /v/ كما في «Fan» و «Van» تعصيب العصب الوجهي (العصب القحفي السابع) للعضلات المناسبة في القسم السفلي من الوجه بما في ذلك العضلة الفمية المدارية الداخلية) كي يقترب بالشفة السفلى قريباً من الأطراف الداخلية للقواطع العليا المركزية (الوسطى). بينما يتشكل الإحتكاكيان اللساتيان ـ السنّيان /ө/ و /ð/ كما في «thigh» و «thy» من خلال دنو رأس اللسان من القواطع العليا. ولا تختلف «الإستراتيجية» هنا كثيراً عن تلك المستخدمة في الشفويين ـ السنّيين. لكن النشاط الحركي هنا يتمركز في مجموعة عضلات اللسان. وتلعب العضلة الطولانية العليا الدور الرئيس (تعصيب العصب الثاني عشر). وليست الإحتكاكيات /ð,ө,V,F/ متشابهة في طريقة إصدارها فحسب، ولكنها متشابهة أيضاً، نتيجة لذلك، في صفاتها السمعية، كما سنناقش ذلك بعد قليل.

وينتج الإحتكاكيان السنخيان /s,z/ والإحتكاكيان الحلقيان /ʃ,ʒ/ على نحو مختلف قليلاً، وقد أكسبتها صفتهم الهسهسية المميزة ـ الآمرة بالسكون ـ عنواناً فرعياً ضمن الإحتكاكيات وهو «الإحتكاكيات الصفيرية». دعنا نحلّل أولاً إصدار [s] و [z] كما في «Sue» و «Zoo». يقع المضيق هنا بين الحافة السنخية واللسان، لكن المتكلمين يختلفون في جزء اللسان الذي يرفعه كلّ منهم، يشكل العديد من المتكلمين المضيق بين رأس اللسان والحافة السنخية، في حين يثني بعضهم الآخر رأس اللسان خلف القواطع السفلية محدباً سطح اللسان نحو الأعلى، ومن ثم يتشكل المضيق بين عضل اللسان والحافة السنخية. اضغط على رأس لسانك، يمكنك بعدئذٍ تحسس أين هو،

وحاول أن تحدد موقعه بالنسبة لأسنانك وأنت تطوّل [s]. هل هو خلف القواطع العليا، أم في الأسفل خلف القواطع السفلية، أم أنه في موقع وسط بين الموقعين السابقين.

غالباً ما يتشكل أخدود في [s] و [z] على طول خط منتصف اللسان كي يحصر أو يوجه التيار الهوائي. ويحدث هذا الأخدود من خلال ملامسة أطراف اللسان حواف الأسنان، وهناك مضيق آخر مهم في إصدار الإحتكاكيات السنخية، حيث يجب أن تكون الفتحة بين القواطع العليا والقواطع السفلى ضيقة. وتظهر أهمية هذا المضيق الثاني في الصعوبات التي يلاقيها مَنْ فقد أسنانه الأمامية أو فتح فاه في إصدار [s] و [z].

إن المجموعات العضلية المساهمة في هذه الحركات هي عضلات الفك واللسان؛ معتمدة طبعاً على مواقع اللسان والفك مع بداية النشاط الحركي في /s/ و /z/. وتكون عضلات الفك المغلقة (وهي العضلة الجناحية الوسطى أساساً، (الشكل 4.89) التي يزودها الفرع الفكي للعصب المثلث التوائم (العصب القحفي الخامس) بالأعصاب، وعضلات اللسان الرافعة (العضلة الذقنية ـ اللسانية والعضلة اللسانية ـ الدرقية) أكثر نشاطاً أو أقلّ.



الشكل 4.89: منظر جانبي للعضلة الجناحية الوحشية والعضلة الجناحية الأنسية. تعمل العضلة الأنسية على رفع الفك أثناء الكلام. في حين تعمل العضلة الوحشية الجناحية، وهي عضلة مركبة، على جر اللسان إلى الأمام. لا تفهم وظائفها أثناء الكلام إلا على نطاق محدود للغاية. ولى ...ن عي النص

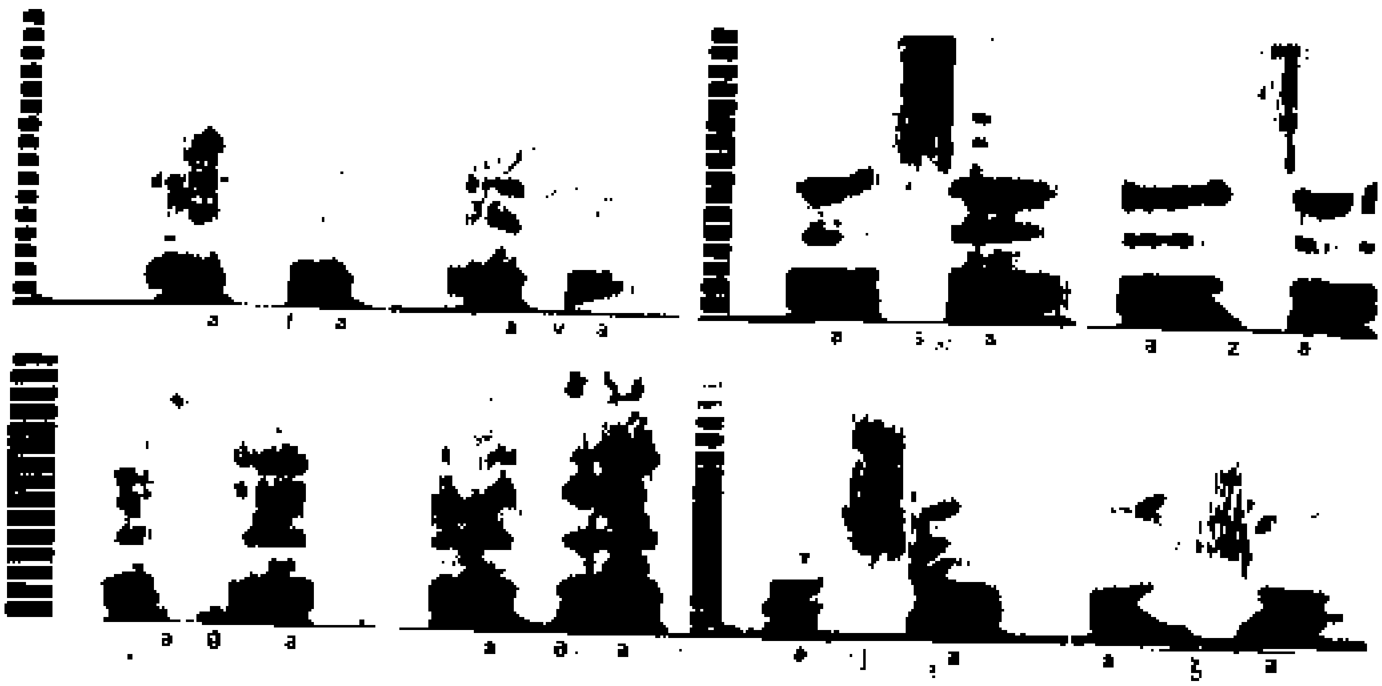
ويختلف نمط النشاط العضلي ضمن عضلات اللسان نفسه أيضاً وفقاً للأساليب الشخصية في تشكيل المضيق السنخي. يُظهر المتكلمون الذين يرفعون رأس لسانهم إلى الأعلى نشاطاً أكثر في العضلة الطولانية العليا، بينما يبدي المتكلمون الذين يخفّضون رأس لسانهم إلى الأسفل انقباضاً نشطاً في العضلة الطولانية الداخلية (السفلى).

يشبه الإحتكاكيان الحلقيان /ʃ/ و /ʒ/ كما في «shoe» و «azure» /s/ و /z/ تماماً حيث يتشكل المضيق إلى الخلف قليلاً ويكون الانفتاح أكثر عرضاً قليلاً، ويمكن للشفتين أن تكوّنا مدورتين قليلاً أيضاً. وبما أن شكل الشفتين أقل أهمية في /s/ (حيث تبقيان مبسوطتين أحياناً، دون الحاجة الماسة لذلك) حاول أن تصدر /s/ بشفتين مدورتين. حرّك لسانك باتجاه الخلف ببطء، وسّع المضيق، ستصدر /ʃ/ عندئذ. وغالباً ما يحصل ارتباك في نطق هذين الإحتكاكيّين. ووفقاً لدراسات الصوت الشعاعية عند صبتيلي «Subtenly» فقد بلغ متوسط المضيق السنخي في /s/ حوالي 1 ملم، بينما بلغ مضيق القواطع حوالي 2 - 3 ملم. ربما كان طول المضيق السنخي (2,5 سم) أكثر أهمية من عرضه. وينتج عن نطاق واسع من الفتحات التي تتجاوز تلك اللازمة لـ /s/ أصوات من نمط /ʃ/ ولذلك فإنه ليس مدهشاً أن الخطأ النطقي السائد هو حصول /ʃ/ في مكان /s/ وليس العكس.

هناك إحتكاكي آخر تَنَاسُبُه أقل في مخطط الصوتيات النطقية انه /h/ المهموس. فهو إحتكاكي، وموضع المضيق هو الحنجرة، وفي المزمار على نحو محدد. وهو غير مجهور عادة كما في /hat/، ولكن يمكن تجهيره عندما يقع بين صوتين مجهورين كما في «a head» على سبيل المثال. إن الحركة الوحيدة المطلوبة لذلك هي التقريب بين الحبال الصوتية. ويسيطر عليها المقرّبات والمبعدات الحنجرية (تقرب الحبال الصوتية من محورها أو تبعدها عنه). يأخذ المجرى الصوتي أثناء إصدار /h/ الشكل اللازم للصائت اللاحق. يكون شكل المجرى أثناء إصدار /h/ في «heat» و «hot» شكل /i/ و /a/ على التعاقب.

الإحتكاكيات أصوات متصلة، حيث يمكن تطويلها على عكس أصوات الوقف. وعلى غرار الأصوات الكلامية جميعاً تكون الإحتكاكيات نتاج مصدر صوتي

(وفي بعض الأحيان مصدرين) يتغير عبر محول مرنان ويتحول أكثر نتيجة الإشعاع الصوتي عند المخرج (الشفتين). إن مصدر الضجيج الإحتكاكي هو المضيق. وقد أظهر هينز (Heinz) و (ستيفنز) أن الصفات الرنينية للمضيق والمجرى الصوتي قبل المصدر الصوتي تقرر الطيف الصوتي عند الشفتين على نحو كبير. يظهر الشكل (4.90) الأطياف الصوتية للإحتكاكيات.

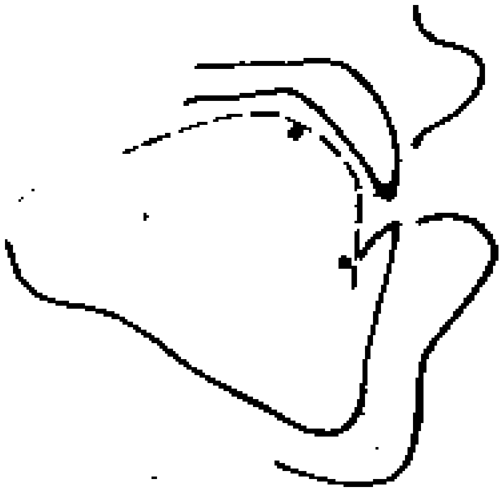


الشكل 4.90: أطياف الإحتكاكيات الصوتية.

ويمكن للوهلة الأولى ملاحظة أن القدرة الإحتكاكية منخفضة جداً في /F/V/Θ/ و /ð/. لكنه رغم القدرة المنخفضة نجد أن النطاق الترددي عريض أو واسع. أما الإحتكاكيات الصغيرة فإنها تتميز بنطاق أضيق من الترددات العالية وقدرة ضجيجية عالية. يتمثل الفرق في الشدة بين الإحتكاكيات الشفوية ـ السنية واللسانية ـ السنيّة وبين الإحتكاكيات السنخية والإحتكاكيات الحلقية في الأطياف بسواد الإحتكاك الحاصل. نجد أن معظم القدرة الصوتية في /s/ هي فوق أربعة كيلو هرتز، بينما نجدها في /ʃ/ متمركزة حول 2500 هرتز أو أكثر بقليل. إن المرنان المؤثر في /ʃ/ أطول

من ذلك المؤثر في /s/ ومن هنا تأتي تردداته المنخفضة التي لا يسببها موضع المضيق الخلفي نسبياً بل طوله أيضاً (طول المضيق) الذي يمكن أن يسببه تدوير الشفتين

ولإعطاء مثال لإنتاج الصوامت بطريقة المصدر ـ المصفاة؛ دعنا نفصّل الإنتاج السمعي لـ /s/ تماماً كما فعلنا في /a/ و /u/ في الصوائت. تشتق الأقطاب أو رنين /s/ من تردد المضيق الرنيني الطبيعي وتردد التجويف الرنيني الطبيعي أيضاً أمام المضيق. يظهر الشكل (4.90) مظهر مجرى صوتي مناسب لإنتاج /s/.



الشكل 4.91: أثرٌ صنع من منظر جانبي لصورة شعاعية للمجرى الصوتي أثناء إصدار /s/. تمثل النقطتان السوداوان كريتين رصاصيتين. حلّلت حركة اللسان من خلال اتباع حركة الكرتين من شكل لآخر.

يمكن اعتبار المضيق الضيق يرن مثل أي انبوب مفتوح الطرفين، وبذلك يحصل أدنى تردد رنيني على موجة طولها (λ) يساوي ضعف طول الأنبوب. وإذا ما استخدمنا مقاييس صنتيملي فإن ذلك سيساوي 2 × 2.5 أو 5 سم، ومن ثم فإن التردد الرنيني الطبيعي لمثل ذلك الأنبوب سيساوي حوالي 6880 هرتز.

$$\text{التردد} = \frac{\text{سرعة الصوت}}{\text{طول الموجة}} = \frac{34{,}400}{5\ \text{سم}} = 6{,}880\ \text{هرتز}$$

إن مصدر الضجيج الإحتكاكي هو حواف المضيق الداخلية. ويمكن تشبيه

التجويف المليء بالهواء الواقع أمام المصدر الضجيجي بأنبوب مغلق من أحد طرفيه لأن المضيق ضيق للغاية عند المصدر.

إن الأنابيب المغلقة من أحد طرفيها والمفتوحة من الطرف الآخر هي أرباع مرنانات موجية وليست أنصاف مرنانات موجية؛ ويمكنك تذكر ذلك من النقاش السابق طول الإصدار النطقي، ومن ثم نجد أن رنين التجويف الداخلي يقارب 8600 هرتز.

$$\text{التردد} = \frac{\text{السرعة}}{\text{طول الموجة}} = \frac{34{,}400 \text{ سم}}{4\ (1 \text{ سم})} = \frac{34{,}400}{4 \text{ سم}} = 8600 \text{ هرتز}$$

لا يمكن سماع رنين التجويف الخلفي بسبب ضيق المضيق. وهكذا لن يكون هناك سوى قدرة قليلة دون 4000 هرتز. إن الرنين الذي يمكن إنتاجه دون اربعة كيلو هرتز سيلغيه رنين التجويف الخلفي المضاد. لقد رأينا أن معظم القدرة لـ /s/ تقع فوق 4000 هرتز؛ بينما نجدها في /ʃ/ فوق 2500 هرتز.

يروي الدال «Udall» أنه عندما تقع /s/ بجوار صوت وقف، يتغير حد الضجيج الأدنى الإحتكاكي مبيّناً بذلك تكيّف المجرى الصوتي المصنوع أثناء إصدار الإحتكاكي. ينخفض الحد الترددي باقتراب المجرى الصوتي من الإغلاق الشفوي، ويتزايد تردده خلال اقترابه من أصوات الوقف السنخية، ويبقى ثابتاً في أصوات الوقف الحنكية.

أصوات الوقف الإحتكاكية Affricates

هناك صوتان من هذا النوع في الإنجليزية [tʃ] و [dʒ] كما في «chair» و «jar». وصوت الوقف الإحتكاكي هو مجرد صوت وقف بتحرير إحتكاكي. حيث يُصنع الإنسداد السنخي كما في /t/ أو /d/ ولكن عندما يحرر المتكلم الإنسداد يصدر صوتاً ضجيجياً إحتكاكياً. وتكون الشفتان مدوّرتين قليلاً ويتراجع اللسان قليلاً كما هي الحال في التضييق الذي يصدر عنه /ʃ/. يظهر الشكل (4.92) النتائج السمعية

المتوقعة للإنسداد (بخطوطها الجهرية في /dʒ/ والصمت أو السكون في الإنسداد في /tʃ/)، والدفقة أو بداية الضجيج المفاجئة وفترة الإحتكاك.

الشكل 4.92: صور [atʃa] و [adʒa] الطيفية.

الأصوات الكلامية الإنجليزية English Speech Sounds

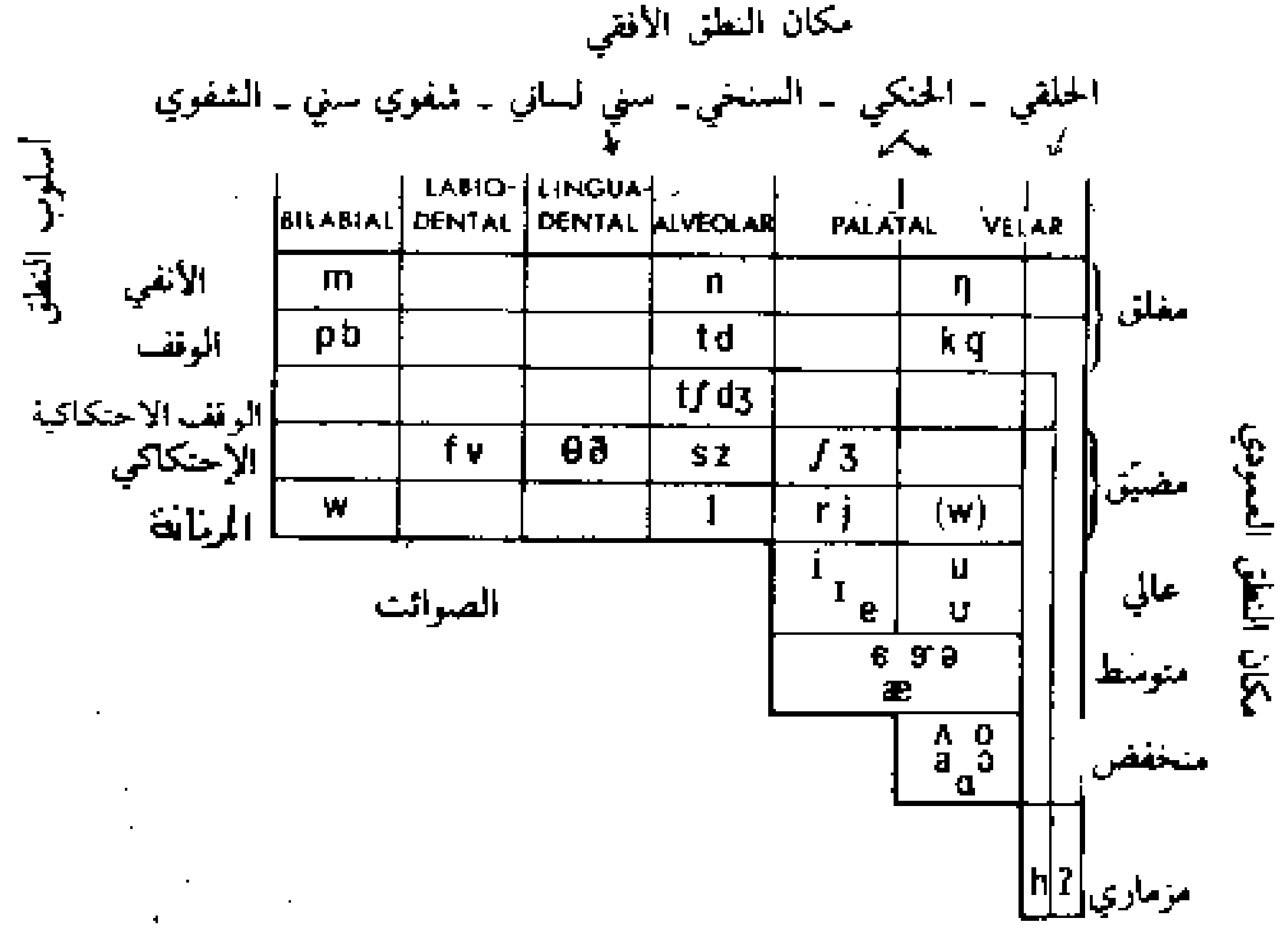
بعد أن ألقينا نظرة عامة على أصوات لغتنا (الإنجليزية)، ربما كان مفيداً المقارنة بينها بطريقتين: طريقة نطقها ومكانها في المجرى الصوتي، والثانية: مناقشة بعض الطرق التي يؤثر فيها الواحد بالآخر في السياق. ويرسم مكان نطق الصوائت عادة منعزلاً عن مكان نطق الصوامت. لقد رأينا مثلث الصوائت أو رباعيها في الشكل (4.74)، يمثل المحور العامودي في الشكل (4.93) أسلوب النطق، بينما يمثل المحور الأفقي مكان نطق الصوامت.

مزماري حلقي حنكي خلفي سنخي سني سنخي سني شفوي الشفوي كلتا الشفتين

	Both Lips (bilabial)	*Lip—Teeth* (labio-dental)	*Tongue—Teeth* (lingua-dental)	*Tongue—Ridge* (alveolar)	*Tongue—Hard Palate* (post-alveolar)	*Tongue Blade—Palate* (palatal)	*Tongue—Velum* (velar)	*Glottis* (glottal)
Stops أصوات الوقف	p b			t d			k g	ʔ
Continuants الأصوات المستمرة								
Fricatives الإحتكاكيات	ʍ	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ		(x)	h
Frictionless Sounds اللااحتكاكية								
Nasals الأنفيات	m			n			ŋ	
Laterals الأصوات الجانبية				l				
Glide-semivowels المنزلقات أنصاف الصوائت	w				r	j	(w, r)	
Affricates الوقف ـ الإحتكاكية					tʃ dʒ			

الشكل 4.93: تصنيف أصوات الإنجليزية الأمريكية. تظهر الصوامت غير المجهورة في يسار كل عمود، وتظهر الصوامت المجهورة على اليمين. بينما تظهر أشكال الصوت الثانوية نفسها ضمن أقواس موصوفة.

ولعلَّ جزءاً من المسعى لتنظيم المصطلحات المستخدمة في الصوتيات السمعية والنطقية ما قام به بيترسون وشوب «Peterson & Shoup» حين رتبا الأصوات الكلامية وفقاً لمكان النطق على نحو مثير. يمثل الشكل (4.94) شكلاً معدّلاً لشكلهما حذفت منه كافة الأصوات ما عدا الإنجليزية. يمثّل المحور العمودي مجرىً صوتياً مغلقاً تماماً في القمة، ويتقدم نحو مجرىً مفتوح في القاعدة واصلاً بين الأصوات التي تمتلك طريقة نطق متشابهة. فلو تتبعنا، مثلاً مستوى أصوات الوقف عبر المخطط وحول الزاوية، فإننا سننتهي بصوت الوقف المزماري. بينما مُثّل مكان النطق أفقياً من خلال البعد الأمامي ـ الخلفي. يوحد «مكان النطق العمودي» ارتفاع اللسان مع وصف طريقة نطق الصوامت.



الشكل 4.94 مخطط بيترسون وشوب لأصوات الانجليزية الأمريكية(راجع النص لمزيد من النقاش)

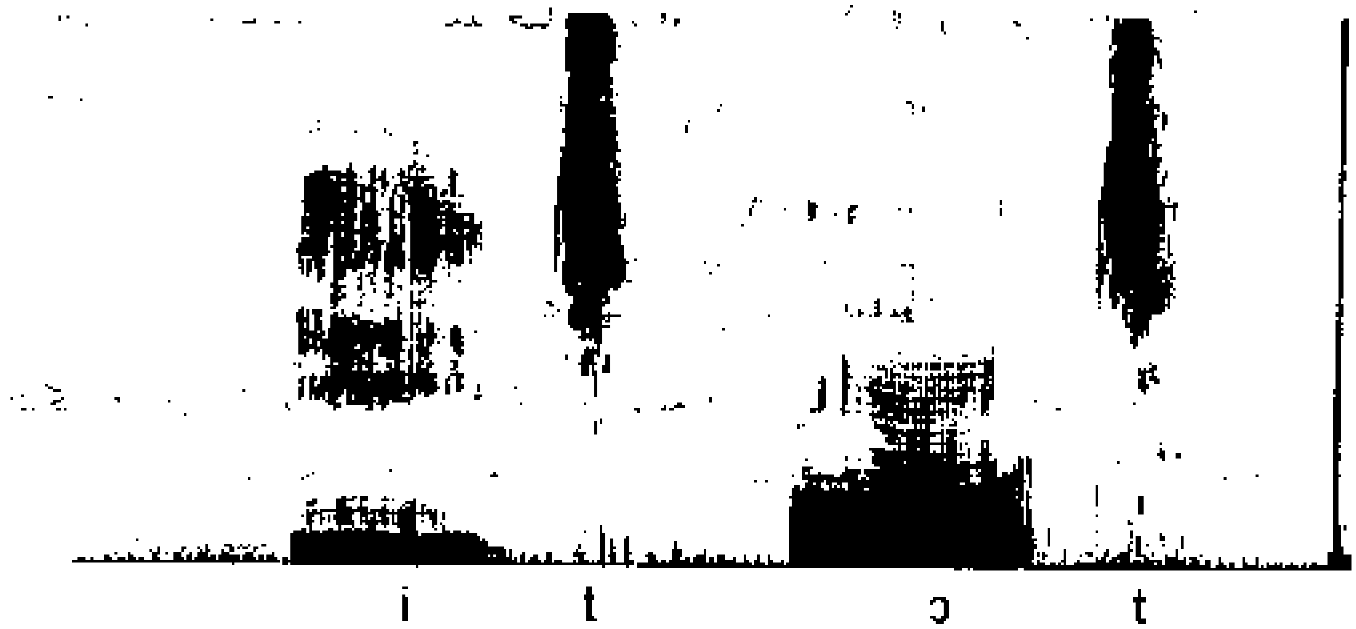
التأثير الصوتي Sound Influence

التكييف (التطويع) Adaptation

الكلام تيار سمعي دائم التغير تصدره عمليات نطقية «ديناميكية». تتأثر الأصوات الكلامية في السياق، وتتغير متأثرة بأصواتها المجاورة. والشيء الأساسي في فهم أفضل لإصدار الكلام هو دراسة هذه التأثيرات التي تتبادلها الأصوات فيما بينها كما يبدو واضحاً في السمعيات، والحركات النطقية ومعلومات نشاط العضلات. وهناك ثلاثة مظاهر أساسية يمكن دراستها في التأثير الصوتي وهي: التكييف، والتماثل، والنطق المشترك (المزدوج). سنعرّفها فيما يلي. أحد أنواع التأثير الذي اخترنا أن نسميه هو التكييف، فالتكييف الصوتي هو اختلافات في الطرق التي تتحرك فيها أعضاء النطق إلى الحد الذي تغيّر التجاويف شكلها وفقاً للفونيمات المجاورة.

تقرر مواضع عضو النطق وأشكال التجويف في صوت ما الحركات الضرورية لإصدار الأصوات الكلامية المجاورة. وتظهر نتائج التكييف على نحو واضح في المادة الفيزيائية السمعية والحركات ومادة حركة العضلات. يعرض الشكل (4.95) دليلا

سمعيا للتكييف. فحتى نصدر انسداد [t] في نهاية «eat»، يُحدث تغيّر بسيط نسبياً في شكل التجويف الفمي ينتج عنه تغيّر صغير مفاجىء في التشكيل الموجي المميز الثاني، بينما يتطلب الإنسداد نفسه بعد [ɔ] تقصير المجرى الصوتي (الذي طوّل في [ɔ] ورفعاً لسانياً أكثر كثافة ينتج عنه تغيّر كبير إيجابي في التشكيل الموجي الثاني. وهكذا نجد أن طريقة إصدار كل [t] قد تكيفت وفقاً لشروط الصائت المجاور أو بيئته.

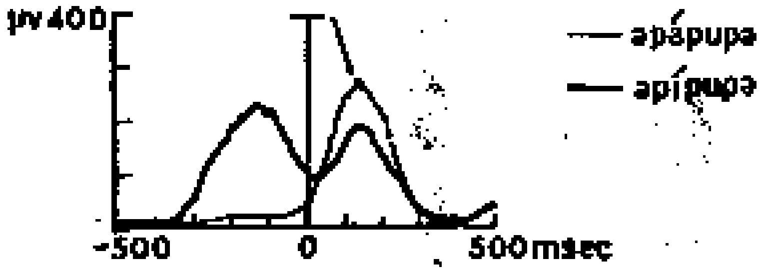


الشكل 4.95: تكييف سمعي. ان تحوّل التشكيل الموجي الثاني من أجل [t] في «eat» صغير جداً بالمقارنة بتحوله من أجل [t] في «ought».

وقد أظهرت دراسات الصور الشعاعية تأثيرات الموقع أو المكان على الحركة. فغالباً ما تكون نقطة التقاء اللسان بالحنك لإصدار [k] في «key» أقل تراجعاً للخلف من تلك اللازمة لإصدار [k] في «caught»، لأن الصامت هنا يتكيف أيضاً مع شروط الصائت، وقد أعطى مكنيلج «Macneilge» نوعاً مختلفاً من الأمثلة وهو التكلم أثناء إطباق الأسنان على أنبوب. ونجد هنا أن ارتفاع اللسان اللازم لإصدار الموقف السنخي، على سبيل المثال، يتكيف مع موقع الفك السفلي الأعلى مقارنة مع الحركة اللازمة لما عليه الأمر حين يكون الفم مفتوحاً والفك منخفضاً كما في إصدار /a/.

أما على صعيد النشاط العضلي، فقد تنوعت تسجيلات النشاط العضلي المرتبطة بصوت كلامي ما وفقاً للسياق الصوتي. وقد وجد «مكنليج» و «دي كلارك» «-Mec

nellage & Clark» تأثيرات منتشرة للصوائت أو الصوامت المتجاورة في إشارة تسجيل العضل الكهربائي (EMG) المرتبطة بصوت كلامي محدد. وثمة مثال للتكييف مستقىً من عمل «بيل بيرتي» و «هارس» «Bell-Berty & Harris» وهو نشاط العضلة الذقنية ـ اللسانية التي، كما تذكر، تقوم برفع كتلة اللسان وتقديمها. فقد وجد (الشكل 4.96) أن نشاط العضلة الذقنية ـ اللسانية أكبر في [u] بعد الصائت المنخفض [a] بالإضافة إلى صامت منه عندما تكون بعد صائت مرفوع مقدّماً كما في [i] بالإضافة إلى الصامت نفسه.



الشكل 4.96: نشاط العضلة الذقنية ـ اللسانية في /u/ بعد [a] و [i]. فكمية النشاط تكون أكثر بعد [a] لأنه يجب على اللسان أن يقطع مسافة أطول. يشير السهم إلى قمة النشاط في /u/.

يجب أن يقطع اللسان مسافة أطول من الموقع المنخفض ـ الخلفي في [a] إلى الموقع المرتفع في [u]، وعلى نحو مماثل، عندما يكون اللسان في موقع مرتفع مقدماً في [i] تكون المسافة التي سيقطعها إلى [u] أقصر. وهكذا نجد أن المواقع النطقية في وقت ما تؤثر في النشاط العضلي اللازم لإصدار الحركات المستقبلية. ونجد أن التكييف الناتج ظاهر في مستويات البحث الفيزيولوجية والسمعية (الفيزيائية) كافة.

وثمة حالة خاصة من التكييف تكون نتيجة التبديل في معدل سرعة الكلام. ينتج عن معدلات الكلام السريعة عجز اللسان عن الوصول إلى مواقع أهدافه. وقد أظهر لندبلوم (Lindblom) من تحليل أطياف الصوائت الصوتية أن معدّلات الكلام السريعة تحيّد أنماط التشكيلات الموجية المميزة باتجاه الصائت غير المنبور /ə/ الذي يمكن اعتباره (allophone) لكافة الصوائت. ويكون التحييد عادة رقيقاً، لكنه يمكنك سماع تغيّر الصوت لو قارنت /ə/ في صيغة الاعتراض «But you have» مع /æ/ في العبارة الملفوظة بسرعة «you have seen it» والنبرة الأساسية موضوعة فوق «Seen».

ويسمى التكييف في شكله الأعظمي بـ «المماثلة».

المماثلة Assimilation

لقد نظرنا إلى التكييف على أنه يعني أن إصدار صوت كلامي معين يتنوع ويختلف وفقاً لأشكال المجرى الصوتي في الأصوات المجاورة. ولو مضى هذا التكييف إلى حدٍ كافٍ، فإن صوتاً كلامياً يمكن في الواقع، أن يتغير ويصبح، إلى حد كبير، مشابهاً لجيرانه. يسمى هذا التغير في الصوت الكلامي بـ «المماثلة». لقد وصف علماء الأصوات الكلامية بحرص ودقة عملية المماثلة في الكلام. حيث تمتد سمة معينة من صوت إلى صوت آخر. فعلى سبيل المثال، تمتد سمة /الجهر/ لتشمل /s/ في «husband» بسبب تأثير الأصوات المجهورة المجاورة. وتمتد سمة الموقع الخلفي ـ السنخي إلى /n/ السنخية، عادة، في «think» لتصبح [θiŋk]، ومن ثم يتشابه الأنفي مع مكان نطق [k] الأكثر تراجعاً أو خلفية.

ويمكن أن يكون التأثير إما توقعاً للصوت التالي أي: مماثلة توقعية (ويدعى أيضاً مماثلة من اليمين إلى اليسار) أو أن يكون مماثلة مؤجلة (من اليسار إلى اليمين) تستمر سمة مستمرة فيه حتى تشمل الصوت اللاحق. يمثل حالة [θiŋk] مثالاً للمماثلة التوقعية لأن [n] قد تحولت إلى [ŋ] توقعاً للصوت [k]. يمكن توضيح المماثلة المؤجلة من خلال النظر إلى علامة الجمع بعد الصوامت المجهورة: حيث تبقى /s/ في «cats» [s]، لكنها تصبح [z] في «dogs» حيث يستمر الجهر في /g/ ليشمل /s/ فتصبح [z].

النطق المشترك (تكيف نطقي) Coarticulation

يسمى نوعٌ آخر من التأثير الصوتي الواضح في إصدار الكلام بالنطق المشترك. والتعريف الدقيق والمحدد للنطق المشترك هو أن يتحرك عضوا نطق لإصدار فونيمين مختلفين في الوقت نفسه. ويختلف هذا عن التكييف (حيث يغير عضو نطقي بمفرده حركاته وفقاً للسياق) وعن المماثلة (تغير صوت حقيقي) على الرغم من الإتصال الواضح بينهما. ويمكن أن ينشأ عن النطق المشترك اختلاط السمات الموجودة في التشابه. لكنه يمكن للنطق المشترك أن يحدث من دون أي تغير في الصوت. ومن أمثلة النطق المشترك ما يحدث عندما يدور متكلم شفتيه في [u] وهو يقول «two» [tu] في

الوقت الذي لا يزال فيه اللسان نشطاً في إصدار [t]. وتجربة بسيطة سوف تثبت لك أنه من الممكن قول «two» بأسبقية شفتين مدورتين إلى حدٍ كبير، كما انه من الممكن تماماً قول «two» بقليل من تدوير الشفتين أو من دونه أثناء إصدار [t]. وقد أكدت الدراسات السمعية، والحركية ودراسة تخطيط العضل الكهربائي وجود النطق المشترك. وقد اكتشف كوزهيفنيكوف «Kozhevnikov» و «كستوفيتش» من الاتحاد السوفييتي، أنه يمكن لتدوير الشفتين من أجل [u] أن يبدأ في بداية مقطع مؤلف من (صامت ـ صامت ـ صائت)؛ (ccv) إن لم تكن هناك حركة أخرى منافسة له.

وافترض أوهمان «Ohman» السويدي من دليل الطيف الصوتي أن اللسان يتحرك من شكل صائت إلى شكل صائت آخر، وتفرض سمات الأصوات الصامتة على تلك الأشكال وتختلط السمات مع سمات الصوائت مع مرور الزمن؛ وهكذا يحدث النطق المشترك. وتؤكد الدراسات القائمة على الصور الشعاعية وجود النطق المشترك أيضاً، حيث يورد بيركل (Perkell) أمثلة أحدها النطق المشترك الحاصل في حركات الفك السفلي واللسان في نطق صوت أنفي وصائت كما في «not» [nɔt]. فلو احتوى الصوت الأنفي على حركة اللسان، كما يفعل في /n/، فإن الفك السفلي يبقى حراً كي يتحرك لإصدار /a/ في الوقت نفسه. أما لو كان /a/ هو [t] فإن على الفك السفلي أن ينتظر حتى نهاية الإنسداد السنخي حتى يتحرك نحو الفتح اللازم لإصدار الصائت. وتتطلب أصوات الوقف، كما تعرف، ضغطاً هوائياً عالياً خلف الإنسداد لا تتطلبه الأصوات الأنفية. إن انخفاض الفك السفلي المبكر قد يؤدي إلى ضياع ذلك الضغط الهوائي. ولو كان هناك عضو نطق حر في الحركة فإنه يتحرك غالباً. وقد وجد دانيلوف «Daniloff» ومول «Moll» أن الشفتين تتحركان لتحقيق التدوير اللازم لـ /u/ قبل عدة أصوات قبل الصائت وقد وجد تجيل برق وهارس اللذان وصفا نشاط العضلة الشفوية المدور في إصدار [u]، أن تدوير الشفتين يحدث في وقت ثابت نسبياً قبل حدوث الصائت، ومن ثم يتشابه النطق مع النشاط العضلي اللازم لإصدار الصامت أو مجموعة الصوامت التي تسبقه، لكنه لا يتأثر بعدد الصوامت التي تسبقه هنا. وقد لاحظ أوهمان من ملاحظته للأطياف الصوتية أن اللسان يتصرف كأنه ثلاثة أعضاء نطق مستقلة لكنها متشاركة في النطق وهي قمة اللسان ونصله وظهره. وقد أثبت بوردن «Borden» وجَيّ «Gay»، من خلال دراسة تصويرية ملونة صحة هذه النظرية من

مادة بحث متعلقة بالحركة. إذ يواصل الجزء الحر من اللسان، مثلاً، تحقيق الانخفاض اللازم لإصدار [a] خلال إصدار صوت الوقف، ولو رُفع رأس اللسان لإصدار [t] فإن مؤخرة اللسان تنخفض في الوقت نفسه لتحقيق [a]. ولو انخرط سطح اللسان في الإنسداد اللازم لإصدار /k/ فإن مقدمة اللسان تكون قد بدأت قبل في الانخفاض. ويمكن للسان أن يتشارك في النطق مع نفسه. لكنه توجد اختلافات فردية أو مميّزة في أنماط النطق المشترك على أية حال.

ويكون التكييف والنطق المشترك من حركة نطقية إلى أخرى واسع الإنتشار في الكلام العادي. وهو ما أسماه ليرمان، في كل من إصدار الكلام وفهمه، بـ «المعالجة المتوازية». إن الجمع بين التكييف والنطق المشترك هو الذي يجعل بث الكلام سريعاً وفعّالاً مثل الرمز. ويجب عدم الخلط بين التحويرات القطعية الضرورية في البث السريع وتغير صوتي، مختلف ولكنه مثير ومهم، متأصل في تنوع المتكلمين، كما هي الحال في اللهجات. وهكذا يمكن أن يكون هناك حذفٌ [laibrerɪ] بدلاً من [laibreri] في [«library»، أو إضافات [aidie: v] بدلاً من [aididəv] في «idea of»، أو إبدال في المكان أو القلب كما في [æks] بدلاً من [æsk] أو [larniks] عوضاً عن «larynx»، وتبدي كافة التأثيرات الصوتية للعيان أن الكلام لا يصدر كخرزات السّبحة (حبات مرصوفة غير متصلة) صوت بعد آخر. نرى أن الأصوات تتشابك وتتدفق في جدول صوتي واحد دائم التغير، وأكثر من ذلك، نجده مقيداً بتغيرات وتحويرات بطيئة مفروضة عليه. وهذه التغيرات المفروضة عليه هي النظم والإيقاع وموسيقى الكلام.

السمات فوق القطْعية (النظمية) Suprasegmental

إن سمات اللغة فوق القطعية أو النظمية هي تنوعات كبرى القطع المنفردة. فهي توضع أو تفرض على كلمة، أو عبارة، أو جملة. إن السمات فوق القطعية التي سنناقشها هي النبر، والتنغم والفترة، والوصل. لقد اعتبرنا الفونيمات أجزاء للكلام. لكننا نعرف أن الفونيمات لا توجد على شكل وحدات منفصلة إلا في العقل. وبما أننا نعرف اللغة، فإننا نعرف أياً من العائلات الصوتية تتصرف على نحو مغاير للأخرى، حيث يمكن مقارنة عائلة الصوت /p/ مع عائلة الصوت /t/ في ألفاظ مثل «pie»

و «ie»، أما في الكلام العادي فقليلاً ما توجد هذه الوحدات منفصلةً. ونستخدم، أحياناً، صوتاً كلامياً مستقلاً للتعجب فنقول، «Oh»، أو عندما نسكت شخصاً ما بقولنا «Sh»، أما في الألفاظ كتلك التي في «pie» فإن الإصدار لا يتم مطلقاً بقول [p] وبعدها [ai] بسرعة. ومهما تكن سرعة [ai] بعد [p] فلن تكون أو تصبح [pai] أبداً. ولأننا نفهم طبيعة الفونيمات المتباينة في اللغة، فإننا نستخدم رموزاً منفصلة للدلالة عليها في الكتابة على الرغم من اندماجها في الكلام. وفي بعض الأحيان يقوم معلّم حسن النية، يخطىء في عدّ الكلام تتابعاً لأصوات مستقلة كالأحرف المنفصلة الموجودة على الصفحة، بمساعدة طفل يعاني من صعوبات في تعلم القراءة، ووفقاً لذلك يسأل الطفل أن يلفظ [p] وبعدها [ai]. ويقوم الطفل طوعاً وعلى نحو متوقع بإصدار [pə?ai] وتكرارها، ويتساءل المعلّم عن مبعث إخفاق لفظ [pə?ai] المتسارع من الحصول على [pai]. والجواب، طبعاً أن المتكلمين يصدرون أكثر من فونيم واحد في الوقت نفسه، فبينما تنغلق الشفتان لتحرير الدفقة الموالية يتقدم اللسان ويرتفع لإصدار الإنزلاق اللازم لإصدار الصائت الثنائي [ai] يصدر هذا النطق المشترك وحدة تعرف بـ «المقطع». وتعرف الألفاظ بأنها ألفاظ أحادية المقطع كما في «bat»، «eat» و «tea» وثنائية المقطع كما في «beyond»، «hidden» و «table»، ومتعددة المقاطع كما في «unicorn»، «statement» و «unsophisticated» التي تتألف من أكثر من مقطع واحد. وقد يحدثك الناس عن عدد المقاطع من خلال المراكز الرنينية المرتفعة في كل مقطع، أو ما يسمى بنوى المقاطع. إننا نعدّ كل نواة مقطعاً بغض النظر عما إن كانت منبورة أو غير منبورة. يوجد في المثال التالي أربعة مقاطع ذات نبرة رئيسة، ولكن هناك ثلاثة عشر مقطعاً:

«what wisdom can you Find that
is greater than kindness?»

من جان جاك روسو: اميلي، حول التربية (الثقافة) (1762).

النَّبر Stress

يشكل النبر اللغوي إحدى السمات النظمية في اللغة الإنجليزية. تستخدم الإنجليزية النبر على نحو متباين: فكلمة «Permit»، حيث يقع النبر الرئيس فوق المقطع الأول، اسم يعني «وثيقة تعرف». أما «permit»، حيث يقع النبر الرئيس فوق المقطع الثاني، فهي فعل يعني «يسمح». يشار إلى النبر بجهود عضلية متزايدة، ومن خلال الشدة الصوتية، وطبقة الصوت، والفترة والتغيّر في نمط التشكيلات الموجية المميزة. إنها إشارة مركبة. يتميز المقطع المنبور عن المقطع غير المنبور بجهود نطقية أكبر. ويتزايد التردد الأساسي، عادة، في المقطع المنبور. وتعكس التشكيلات الموجية المميزة في الصوائت المنبورة انجازات نطقية للوصول إلى أماكن الهدف بالإضافة إلى النشاط العضلي الضروري الملازم، أما في النماذج غير المنبورة للصوائت نفسها، فتحيد التشكيلات الموجية المميزة عادة عاكسة عدم وصول أعضاء النطق إلى أهدافها أثناء حركتها. وتكون الصوائت أطول زماناً في حال النبر وذات شدة أعلى، سببها الأساسي الضغط الهوائي التحتحنجري العالي. يمكن الدلالة على النبرة بمجموعات مختلفة من هذه الدلائل. ويمكن نقل النبر للتأكيد كما في الجملة التالية:

«It is not her mòther; it is her mother in làw»

(تكون النبرة الأساسية عادة على المقطع الأول من mother وليس على law)

يمكن لتغيرات النبر أن تسبب اختلافات في المعنى، ففي بعض الكلمات المؤلفة من مقطعين، يؤدي نقل النبر إلى المقطع الثاني إلى قلب الأسماء إلى أفعال كما في «exact»، «digest»، «contract»، «increase» والكلمة التي أوردناها قبل «permit». أما في الكلمات المتعددة المقاطع، فهناك ميل إلى إبقاء النبرة الثانية للأفعال كما في [estimeit]، «èstimàte»، بينما تفقد الأسماء النبرة الثانوية [estəmat]. كما ان هناك ميلاً في اللغة الإنجليزية إلى التناوب بين المقاطع المنبورة وغير المنبورة حيث تحدث المقاطع المنبورة بفواصل منتظمة إلى حدّ ما.

التنغيم Intonation

تمثّل السمات النغمية جسراً مباشراً للمعنى لأنها تكشف مواقف المتكلم وأحاسيسه بطرق لا يمكن للمعلومات المعتمدة على الوحدات الصوتية وحدها أن تفعلها. فعلى سبيل المثال؛ يمكن للنبر عندما يستخدم للتوكيد، أن يعبّر عن الاحتقار بالنسبة إلى الأطفال عامة «not that child» أو كره لطفل معين «not that child!». إنّ استخدام تغيير التردد الأساسي، الذي يعرف أو يدرك على أنه نمط التنغيم في عبارة أو جملة، مؤثر على نحو فعال في التعبير عن الاختلافات في الموقف (سيزداد التردد الأساسي في الكلمات المنبورة في المثال الآنف الذكر) وعن اختلافات في المعنى أيضاً. يمكن للفظ «Today is tuesday» من خلال تنغيم صاعد، حيث تزداد طبقة الصوت خلال «Tuesday»، أن يحوّل الجملة الإخبارية هذه إلى سؤال. تبث المعلومات النظمية مع المعلومات المعتمدة على الوحدات الصوتية في الجملة: «That's a Pretty Picture!» لكنه يمكن للسمات النظمية أن تشير إلى معان متناقضة أو متعاكسة، لأنه يمكنها أن تعبّر عن إعجاب حقيقي بالصورة أو السخرية الكاملة منها. يمكن فرض نمط التنغيم هذا (التغيرات المستوعبة في التردد الأساسي) على جملة، أو عبارة أو حتى كلمة. وتتميز الإنجليزية الأمريكية عادة بمنحى تنغيمي صاعد ـ هابط، حيث تصدر طبقة الصوت خلال القسم الأول من اللفظ وتهبط عند نهايته. وهذا النمط صحيح عادة في الجمل الإخبارية والأسئلة التي لا يمكن الإجابة عنها بنعم أو لا!

جملة إخبارية: غادر منذ ساعة

Declarative sentence:
He left an hour ago.
[hilɛftən aʊə əgoʊ]

سؤال لا يمكن الإجابة عنه بنعم أو لا

Question impossible to answer with yes/no
How do you like it here?
[haudəju laɪk ɪthɪə]

توكيد خاص

Special emphasis:
Wow!
[waʊ]

ومعنى تنغيمي آخر شائع في الإنجليزية هو صعود درجة النغم عند نهاية اللفظ. وتشير درجة النغم الصاعدة إلى سؤال إجابته بنعم أو لا. يمكن أن تشير أيضاً إلى أن الجملة غير كاملة أيضاً.

Yes/no question: Is it ready? [ɪzɪt redi]	سؤال إجابته نعم/لا هل هي جاهزة؟
Incomplete sentence: As I think about it . . . [æzaɪ θɪŋk əbaʊt ɪt]	جملة غير كاملة (ناقصة) عندما أفكر فيها . . .

يمكن للمتكلمين أن يستخدموا النغمة الصاعدة لـ (hold the floor) خلال المناقشة. فلو توقف متكلم للتفكير في منتصف عبارة، ذات نغمة صاعدة، فسيكون احتمال مقاطعته من قبل مناقش آخر أقل بكثير مما لو وقع ذلك التوقف عند هبوط في درجة النغم. تنتج درجة النغم الصاعدة أساساً عن نشاط متزايد للعضلة الحلقية - الدرقية حيث تقوم بمط الحبال الصوتية من أجل إصدار ذبذبة متسارعة. ترافق درجة النغم الهابطة نقصان درجة الشدة عند نهاية ما يسميه لبرمان «المجموعة التنفسية»، يرافق انخفاض الضغط التحتحنجري انخفاض في الشدة والتردد الأساسي، يسمى لبرمان هذا النمط بـ «المجموعة التنفسية غير المعلّمة». هناك خلاف حول إسهامات الضغط الهوائي التحتحنجري النسبية وتضاؤل نشاط العضلة الحلقية - الدرقية في هبوط التردد الأساسي، وعندما تصعد درجة النغم عند نهاية العبارة تكون هذه مجموعة تنفسية «غير معلمة». راجع فقرة إصدار الصوت من هذا الفصل لمعلومات أكثر حول العلائق الموجودة بين الشدة والتردد.

يمكن للتنغيم أن يعلّم تبايناً نحوياً (نهاية عبارة، سؤال ضد إخبار)، وتغيرات في المعنى وأن يشير إلى المواقف والأحاسيس. فغالباً ما تترافق حالات الإنفعال، بما في ذلك بعض أنواع الغضب وحالات الحماس، بتحولات كبيرة في التنغيم؛ بينما تتصف الحالات الهادئة وحالات الخضوع، بما في ذلك بعض أشكال الحزن، والغضب، والسماح والسأم بتغيّر طبقة ضيّقة في درجة التنغيم. وغالباً ما نعرف شعور الشخص من خلال طريقة تعبيره عن مراده لغرضه أو رسالته، كما نعرفها من الرسالة نفسها.

الفترة (الأمد) والوصل Duration And Juncture

لقد ذكرت الفترة القطعية في مناقشة الصوائت. تختلف الأصوات الكلامية في فترتها الجوهرية أو الفعلية، حيث تكون الصوائت الثنائية والصوائت الطويلة أطول من الصوائت القصيرة والصوائت غير المنبورة. وتكون الصوامت المستمرة والإحتكاكيات، وأنصاف الصوائت، طبعاً، أطول من الدفقات الهوائية لأصوات الوقف. وهناك، على أية حال، علائق أمدية (تتعلق بالفترة) تمتد فوق قطع أكبر من الوحدات (الفونيمات) حيث تكون الصوائت أطول إذا وقعت قبل الصوامت المجهورة كما في «leave» مقارنة بـ «leaf». وتكون قبل الأصوات المستمرة كما في «leave» أطول أيضاً منها عندما تقع قبل أصوات الوقف كما في «leaf». ونترك القضية لبحث أعمق وأطول بشأن كون هذه العلاقة تكتسب اكتساباً أم تعلم تعلماً في اللغة الإنجليزية أم أنها وسيلة فيزيولوجية.

إنّ السمة فوق القطعية الأخيرة التي تتعلق بالفترة هي الوصل. تنتج اختلافات الوصل عن اختلافات في الفترة مصحوبة بتغيرات صوتية أخرى. من أمثلة الاختلاف في الوصل التشابه أو التباين بين «an aim» [ən`eim] و «a name» [ə`neim]. هناك إطالة صغيرة للأنفي السنخي في الحالة الأولى وربما تدخل صوت وقف مزماري [ən:ʔeim]، لكنه ربما وجد في الحالة الثانية تكيف متزايد للصوت الأنفي [n] مع الصائت الثنائي اللاحق. تُدرس فروق الوصل واختلافاته ضمن جهد مبذول لإنتاج صوت مركب أكثر طبيعية وللحصول على فهم أفضل لقواعد إصدار الكلام وقوانينه

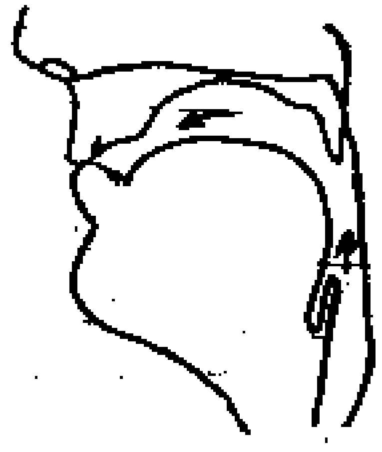
الأصوات الكلامية العربية

سنحاول في هذا القسم وصف الأصوات الكلامية العربية وصفاً دقيقاً. سيقتصر الوصف على وصف أمكنة النطق وطريقة النطق. يمكن تقسيم أصوات العربية، كما في سائر اللغات الأخرى إلى أصوات صائتة وأخرى صامتة. أما الأصوات الصائتة فتعرف في التراث اللغوي العربي بالحركات وتضم الفتحة المحضة (القصيرة والطويلة)، والضمّة (القصيرة والطويلة)، والكسرة المحضة (القصيرة والطويلة). سنبدأ بتقسيم الأصوات الصامتة وفقاً لأمكنة النطق.

الشفوية

تضم هذه الفئة الباء والميم:

إن عضو النطق الأهم في هذه الفئة هما الشفتان حيث تلتقيان التقاء محكما تطلقان فيه لفترة وجيزة يرتفع في ضغط الهواء الفموي ويصبح أعلى من الضغط الخارجي. حيث يعبر عن طريق التجويف الإنفي في حالة للميم مرافقاً بذبذبة في الحبال الصوتية، بينما تنفتح الشفتان تحت الضغط لإصدار الباء وهي مرافقة بذبذبة في الحبال الصوتية أيضاً.

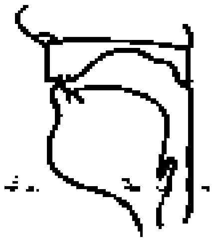


الباء (مجهورة) [b]

الميم (مجهورة) [m]

ـ الشفوية السنية

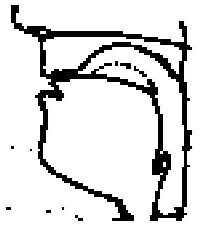
وتضم هذه الفئة الفاء فقط: والفاء صوت غير مجهور في العربية. حيث ترتفع الشفة السفلى حتى تلامس تقريباً الأسنان العليا الأمامية.



الفاء (غير المجهورة) [f]

3 ـ الأصوات السنية

وتضم في العربية الثاء، والذال، والظاء. حيث يرتفع ذلق اللسان أو مقدمه لتلامس الأسنان العليا الأمامية. والثاء غير مجهورة في حين أن الذال والظاء مجهورتان



أعضاء النطق في الثاء [ ]، والذال [ ] والظاء [ ]

يشير الخط المتقطع إلى وضع مؤخرة اللسان في نطق الظاء [ ]. وتسمى هذه الظاهرة بالنطق الثانوي. وتعرف بالترخيم في التراث العربي التقليدي.

4 ـ الأصوات السنية ـ اللثوية

وتضم هذه الفئة التاء، الطاء، الدال، الضاد، والنون.

إن أعضاء النطق الحاسمة في هذه الأصوات هي ذلق اللسان أو طرفه والحافة اللثوية. ويرتفع مؤخر اللسان نحو الحنك الرخو في الصوتين المرخمين: الطاء والضاد. في حين يغلق التجويف الفمي ويخرج التيار الهوائي عبر التجاويف الأنفية في حالة النون. الدال والضاد مجهورتان وكذلك النون. أما التاء والطاء فهما غير مجهورتان.

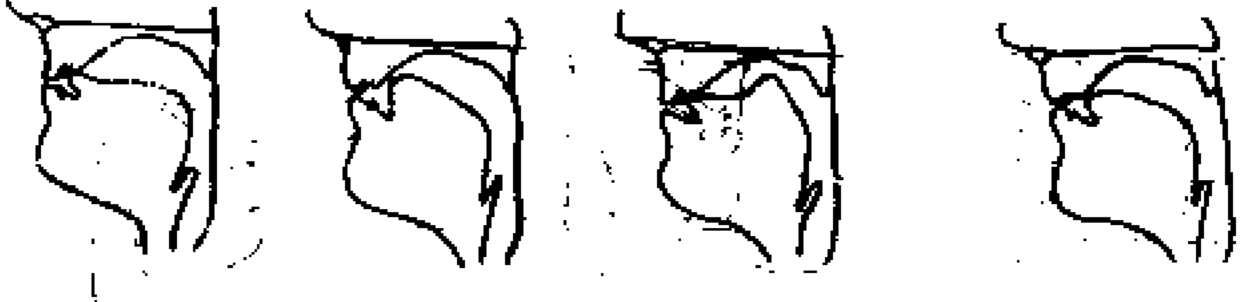
الدال [d]، والتاء [t]   الضاد [ḍ] والطاء [ṭ]   النون [n]

يشير الخط المتقطع في الرسم الأوسط إلى ارتفاع مؤخر اللسان نحو الحنك الرخو بالإضافة إلى أعضاء النطق الأسنانية وهكذا نحصل على الترخيم في الضاد والطاء.

5 ـ الأصوات اللثوية

وتضم هذه الفئة السين، الصاد، الزاي، الراء واللام.

وأعضاء النطق الهامة في هذه الفئة من الأصوات هي طرف اللسان أو ذلقه والحافة اللثوية. السين والصاد غير مجهورتان في حين أن الزاي، الراء واللام مجهورة.



السين [s]، الزاي [z]   الصاد [ṣ]   الراء [r]   اللام [l]

يشير الخط المتقطع في الرسم الخاص باللام بأن التيار الهوائي يخرج من أحد جانبي اللسان أو كليهما.

6 ـ الأصوات اللثوية ـ الحنكية

وتضم هذه الفئة من الأصوات الشين والجيم.

وأعضاء النطق الهامة في إصدار هذين الصوتين طرف اللسان ونهاية الحافة اللثوية. والجيم صوت وقف ـ احتكاكي. أي: يبدأ بشيء من التاء وينتهي بشيء من

الشين. ولذلك فإن مكان نطقه الدقيق يقع بين مكاني نطق التاء والشين. والشين غير مجهورة في حين أن الجيم مجهورة.

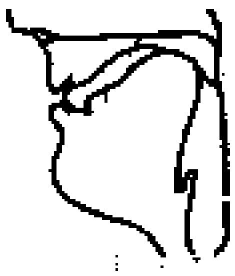
الشين [ ]

الجيم [dʒ]

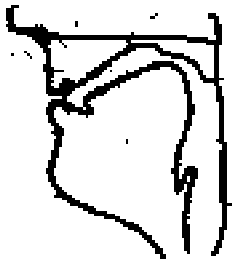
7 ـ الأصوات الحنكية اللينة

وتضم هذه الفئة الكاف والخاء والغين.

وأعضاء النطق الهامة في هذه الأصوات هي: مؤخر اللسان والحنك الرخو (اللين). والكاف غير مجهورة وكذلك الخاء في حين أن الغين مجهورة.



الكاف [k]



الخاء [x]

الغين [ɣ]

8 ـ الأصوات اللهوية

ونجد في هذه الفئة القاف فقط.

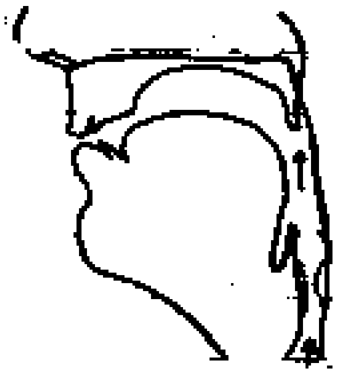
وأعضاء النطق الهامة في نطق القاف ومثيلاتها في اللغات الأخرى هي مؤخر اللسان وأدنى الحلق واللهاة، وهي غير مجهورة.

القاف [q]

9 ـ الأصوات الحلقية

ونجد في هذه الفئة الصوتية الحاء والعين.

أما أعضاء النطق الهامة في إصدارهما فهي جدران الحلق حيث يحدث تضييق بسبب تراجع جذر اللسان وارتفاعه قليلاً في الحلق. والحاء غير مجهورة في حين أن العين مجهورة.



العين [ʕ]، الحاء [ħ]

10 ـ الأصوات الحنجرية

وتضم هذه الفئة في العربية الهاء والهمزة.

ومصدر هذين الصوتين هو الحنجرة حيث يحدث ضيق في الحنجرة مما يسبب إلى حدوث إحتكاك تسمع فيه الحاء، بينما يغلق الوتران الصوتيان الفجوة المزمارية لفترة وجيزة يرتفع معها الضغط الهوائي دونها ويبتعدان عن بعضهما فجأة فتسمع الهمزة. والهمزة والهاء صوتان غير مجهوران. وفي الواقع يتخذ الجهاز الصوتي عموماً ـ أثناء لفظ الهاء ـ الشكل المطلوب للصائت اللاحق.

الهاء [h]، الهمزة [ʔ]

ـ طريقة النطق:

هناك عدة طرق أساسية في معظم أمكنة النطق يمكن تنفيذ النطق فيها. يمكن لأعضاء النطق أن تغلق المجرى الهوائي تماماً لفترة وجيزة أو لفترة أطول نسبياً، أو يمكن أن تضيق الفراغ الذي يمر منه التيار الهوائي، أو يمكنها تحوير شكل المجرى الصوتي من خلال تقارب بعضها بعضاً. يمكن تمييز طرق النطق التالية في اللغة العربية كما في معظم اللغات الأخرى.

1 ـ أصوات الوقف (الإنفجاريات)

تغلق بعض أعضاء النطق التيار الهوائي تماماً في نقطة ما في المجرى الصوتي وبذلك يمنع الهواء القادم من الرئتين من الخروج من الفم، وهناك إمكانيتان: الوقف الأنفي، والوقف الفمي.

الوقف الأنفي

يوقف التيار الهوائي القادم من الرئتين تماماً في التجويف الفمي، ولكن يكون الرخو منخفضا مما يسمح بمرور التيار الهوائي عبر التجاويف الأنفية. يسمى الصوت الصادر في هذه الحالة بالوقف الأنفي. وأصوات الوقف ـ الأنفية في العربية هي الميم والنون. وكلاهما مجهوران، ولذلك يمكننا أن نصف الميم بأنها صوت وقف ـ شفوي ـ أنفي مجهور. في حين يمكن وصف النون بأنها صوت وقف ـ مثني ـ لثوي ـ أنفي ـ مجهور. انظر الشكل (1) والشكل هنا أمثلة عن ذلك. (مريم، ماء) و (نون، إناء).

الوقف ـ الفمي

يتم في هذا النمط من الأصوات إغلاق التجويف الأنفي من خلال رفع الحنك الرخو بالإضافة لإغلاق المجرى الصوتي في التجويف الفمي، وبذلك يرتفع ضغط الهواء داخل التجويف الفمي ونحصل على صوت وقف ـ فمي. وأصوات الوقف الفمية في العربية هي: الباء، التاء، الطاء، الدال، الضاد، الكاف، القاف، والهمزة. ويمكن وصف هذه الأصوات على النحو التالي:

الباء: صوت وقف ـ شفوي ـ مجهور. كما في (باب، بدر)
التاء: صوت وقف ـ أسناني ـ لثوي ـ غير مجهور. كما في (تمر، تمام).
الطاء: صوت وقف ـ أسناني ـ لثوي ـ مرخم ـ غير مجهور
الدال: صوت وقف ـ أسناني ـ لثوي ـ مجهور
الضاد: صوت وقف ـ أسناني ـ لثوي ـ مرخم ـ مجهور
الكاف: صوت وقف ـ حنكي لين ـ غير مجهور
القاف: صوت وقف ـ لهوي ـ غير مجهور
الهمزة: صوت وقف ـ حنجري ـ غير مجهور

2 ـ الإحتكاكيات:

يتم في هذه الأصوات تضييق الفجوة التي يمر منها التيار الهوائي من خلال تقريب عضوي نطق من بعضهما البعض وبذلك يحدث صوتٌ احتكاكيٌ وحتى صفيري في بعض الأصوات والأصواتُ الإحتكاكية في اللغة العربية هي: الفاء، الثاء، الذال، الظاء، السين، الصاد، الزاي، الشين، الخاء، الغين، الحاء، العين والهاء. وبعد أن تعرفنا على أمكنة نطق هذه الأصوات وطريقة نطقها يمكن إعطاءها وصفاً كاملاً على النحو التالي:

الفاء: إحتكاكي ـ شفوي ـ سني ـ غير مجهور كما في (فأس)، (فيل)
الثاء: إحتكاكي ـ سني ـ غير مجهور. كما في (ثمر)، (ثمار)
الذال: إحتكاكي ـ سني ـ مجهور. كما في: (ذئب)، (ذئاب)
الظاء: إحتكاكي ـ سني ـ مرخم ـ مجهور كما في: (ظلم)، (ظنّ)

السين: إحتكاكي - لثوي - غير مجهور كما في: (سلوى، سليم)
الصاد: إحتكاكي - لثوي - مرخم - غير مجهور
الزاي: إحتكاكي - لثوي - مجهور
الشين: إحتكاكي - لثوي - حنكي - غير مجهور
الخاء: إحتكاكي - حنكي لين - غير مجهور
الغين: إحتكاكي - حنكي لين - مجهور
الحاء: إحتكاكي - حلقي - غير مجهور
العين: إحتكاكي - حلقي - مجهور
الهاء: إحتكاكي - حنجري - غير مجهور.

4 - أصوات الوقف - الإحتكاكية

وكما هو واضح من التسمية - يبدأ الصوت في هذا النمط من الأصوات بصوت وقف ويتحرر الهواء المضغوط خلف الإنسداد بطريقة إحتكاكية. والصوت الوحيد في العربية هو الجيم كما في (جمال - جميل - الجنة)، ولذلك يمكن وصف الجيم بأنها صوت وقف - إحتكاكي - لثوي - مجهور. وهناك في الإنجليزية صوت وقف - إحتكاكي آخر وهو [TS] كما في كلمة Church، [tʃɜːtʃ]

1 - الجانبي المجهور

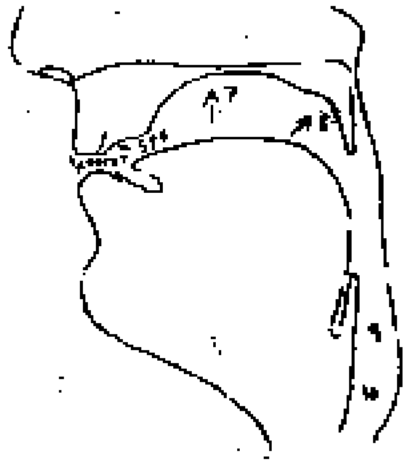
يحبس الهواء في نقطة على طول منتصف المجرى الصوتي، بانسداد غير محكم بين أحد أو كلا جانبي اللسان وسقف الفم. والصوت الجانبي المجهور في العربية هو اللام كما في (ليل - لي - عمل). ويمكن وصفه بأنه صوت - لثوي - جانبي مجهور.

5 - تكراري - مجهور

وينتج هذا الصوت عندما يقترب طرف اللسان من اللثة ويفارقها عدة مرات على التوالي. ويتحقق ذلك في العربية عندما تكون الراء مشكلة بالسكون أو مشددة كما في (مرّ) و (فرّ)، (فرْض) و (مرّض)، وتسمى هذه الراء في الإنجليزية بـ (trill) كما في raw و rye في اللهجة الأسكتلندية. وهناك نوع آخر من الراء في العربية وهو ما

يسمى بالراء اللمسية وهي المثلوة بصائت في اللغة العربية فيسمع الصوت على صورة ضربة واحدة يقوم بها طرف اللسان على الحافة اللثوية كما في (رَجِمَ) و (مَرِضَ) و (ريح) (انظر عبدالله سويد، ١٩٨٥ ص. 67)، وتسمى هذه الراء في الإنجليزية بـ (tap) كما في «letter» المنطوقة باللهجة الأمريكية ـ الإنجليزية.

ويمكننا تلخيص أمكنة النطق بالرسم التالي:



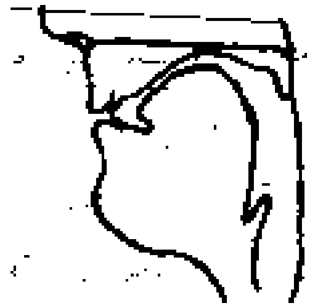
أمكنة النطق: (1) الشفوية، 2. شفوي ـ سني ـ 3. سني ـ 4. السنية اللثوية ـ 5. اللثوية 6. اللثوية ـ الحنكية، ٧. الحنكية اللينة 8. اللهوية ـ 9. الحلقية ـ 10. الحنجرية.

- إصدار أنصاف الصوائت في العربية.

يقترب عضو نطق من الآخر بدرجة أوسع من تلك اللازمة لإصدار الإحتكاكيات وأقل من تلك اللازمة لإصدار الصوائت النقية، هناك في اللغة العربية صوتان يمكن أن نعتبرهما أنصاف صوائت وهما: الياء، والواو.

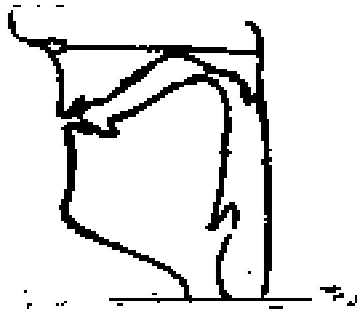
الياء [يْ]

يرتفع اللسان نحو وسط الحنك الصلب، فهوي صوت حنكي، وكما ذكرنا فإن درجة ارتفاع اللسان يجب ألا تسبب في حدوث إحتكاك يسمع البتة، ولذلك يمكن وصفه بأنه صوت نصف ـ صائت ـ لثوي ـ مجهور.



الواو [وْ]

يرتفع مؤخر اللسان نحو نهاية الحنك الصلب، وتتدور الشفتان أثناء نطقه ولذلك يمكن وصفه بأنه شفوي نهاية الحنك ـ مجهور. وأمثلة عن ذلك (حوْض) (وَضْع) (صَوْت).



إصدار الصوائت العربية

في إصدار الصوائت، لا يقترب أي من أعضاء النطق من الآخر بدرجة كبيرة. حيث يبقى مجرى التيار الهوائي مفتوحاً نسبياً حيث يمر الهواء الخارج من الرئتين عبر الفم فالشفتان بدون اعاقة كبيرة.

توصف الصوائت وفق ثلاثة عوامل: ارتفاع جسم اللسان، الموقع الأمامي ـ الخلفي للسان، ودرجة تدوّر الشفتان. وصوائت العربية كالإنجليزية مجهورة تماماً.

هناك في العربية ثلاثة صوائت قصيرة وتعرف بالحركات: الكسرة (القصيرة والطويلة)، الفتحة (القصيرة والطويلة) والضمة (القصيرة والطويلة).

1 ـ الكسرة القصيرة [I] والطويلة [ii]

لإصدار هذا الصائت يرتفع جسم اللسان، نحو الإعلى والأمام وتكون أعلى

نقطة فيه مقابل الحنك الصلب. أما شكل الشفتان فيكون منفرجاً نسبياً، ولذلك يمكن وصف هذا الصائت بأنه أمامي - مرتفع - ضيق (شكل الشفتان) كما في (كُتِبَ) و (ضُرِبَ). وإذا ما أطيلت الكسرة حصلنا على ما يعرف بياء المد كما في (جامعتي) و (كتابي).

الكسرة [i] وكذلك ياء المد [ii]

2 - الفتحة المحضة (القصيرة والطويلة).

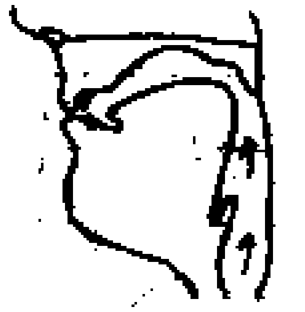
لنطق هذا الصائت يكون المجرى الصوتي مفتوحاً، وتكون الشفتان مفتوحتين أيضاً، ويندفع اللسان نحو الأمام وتكون أعلى نقطة فيه أقرب إلى قاع الفم منها باتجاه الحنك الصلب. ولذلك يمكن وصفه بأنه صائت أمامي - منخفض - واسع (شكل الشفتان). وأمثلة عن ذلك (كَتَبَ) و (قَرَأَ). أما إذا أطيل هذا الصائت فنحصل على ما يعرف بالألف كما في (كاتب) و (قارىء).

الفتحة[æ] والألف [æ æ]

وقد ترجع أعلى نقطة في اللسان نحو الخلف بدلاً من الأمام تحت تأثير الأصوات اللهوية أو المفخّمة كما في فتحة (ضرب) وألف (طار).

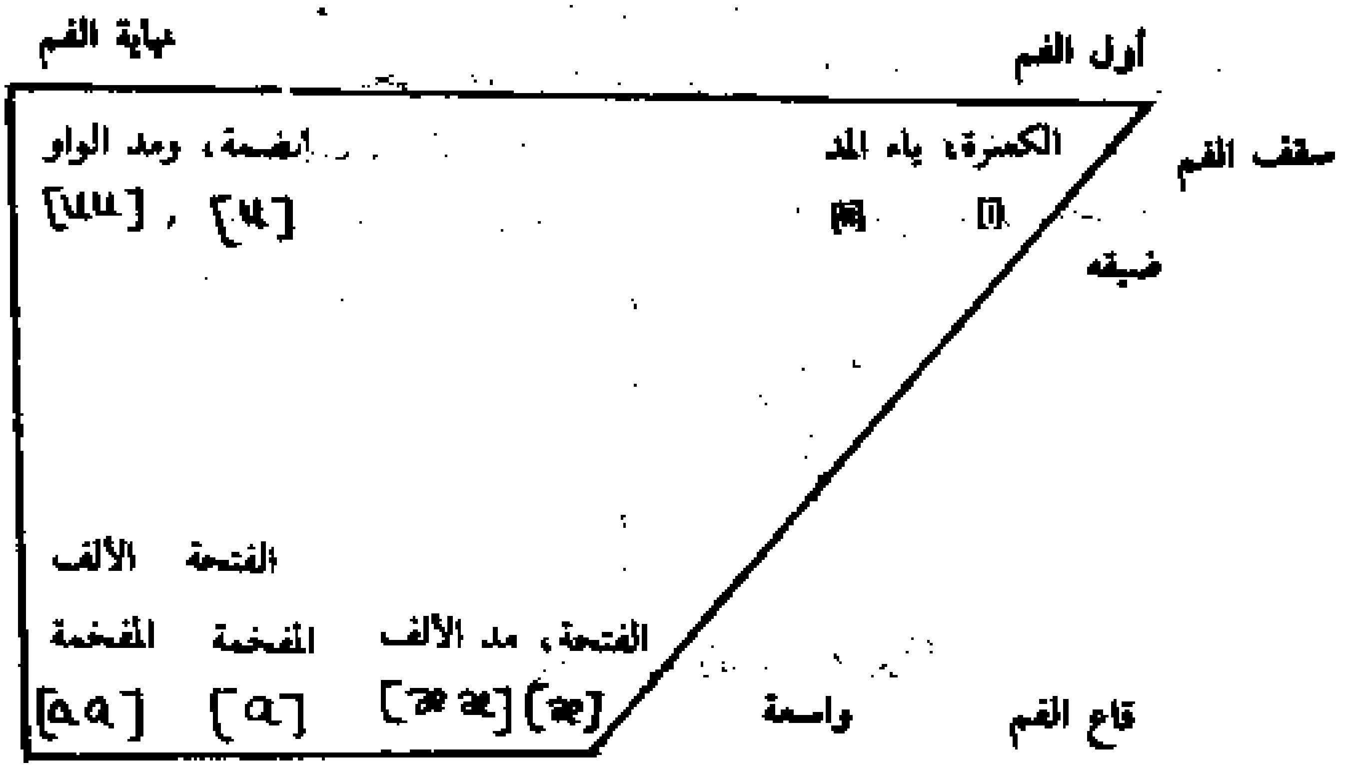
2 ـ الضمة المحضة (القصيرة والطويلة)

لنطق هذا الصائت تدور الشفتان، ويرتفع جسم اللسان نحو الأعلى، وتكون أعلى نقطة فيه في مؤخرة الفم وقريبة من نهاية الحنك الصلب وبداية الحنك الرخو (اللين) ولذلك يمكن وصفه بأنه صائت خلفي ـ مرتفع ـ مدوّر (الشفتان).



و [u] و (واو المد) [uu].

يمكن تلخيص أمكنة نطقه الصوائت العربية بالرسم التالي:



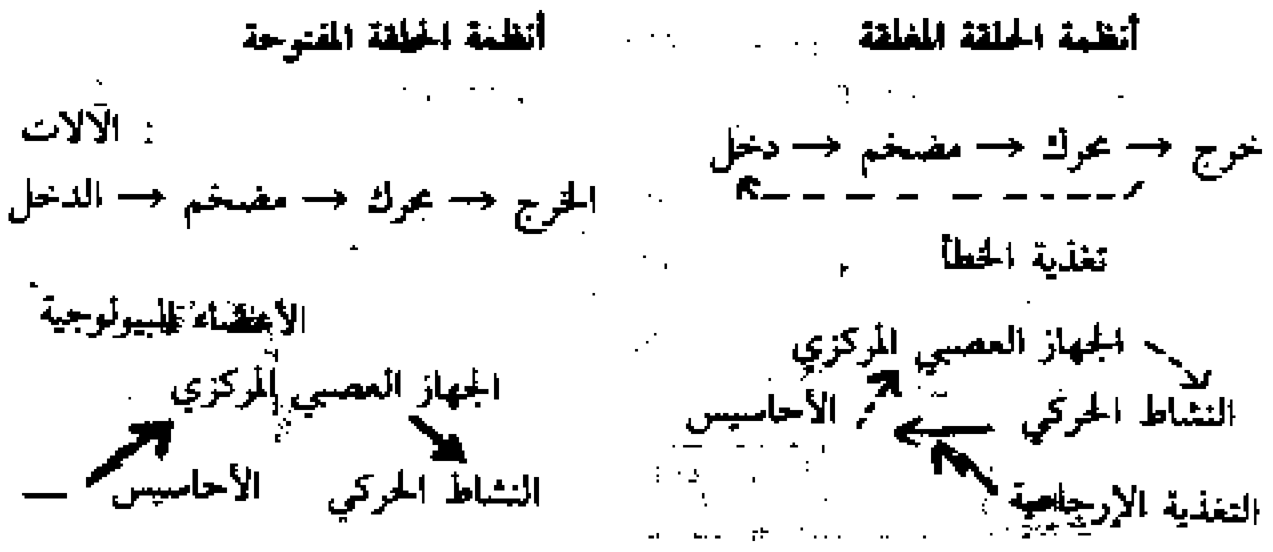
الأصوات الصامتة في اللغة العربية

		شفوي	شفوي-سني	سني	سني-لثوي	لثوي	لثوي-حنكي	حنكي-صلب	حنكي-لين	لهوي	حلقي	حنجري
وقف	مجهور	ب			د - ض							
	غير مجهور				ت - ط				ك	ق		ء
احتكاكي	مجهور		ف	ث		ز	ش		غ		ع	
	غير مجهور			ذ - ظ		س - ص			خ		ح	هـ
وقف احتكاكي	مجهور						ج					
تكراري	مجهور					ر						
جانبي	مجهور					ل						
أنفي	مجهور											
نصف صائت	مجهور	و						ي	و			

آليات التغذية الإرجاعية في الكلام.
Feed back Mechanisms in Speech

يهتم علماء الكلام بكيفية تحكم المتكلّم بإصدار الكلام، وإلى أي حدٍ يراقب المتكلم أعماله، وإلى أي حدٍ، وتحت أية ظروف، يمكنه أن يصدر كلاماً ذا معلومات قليلة أو من دون معلومات، أو كيف يقوم بمواصلة إصدار الكلام؟. إن القرن العشرين هو عصر السبرانيّة (علم الضبط). وهو عالم الآلات «الأتوماتيكية». وقد نحت هذا المصطلح نوربرت فينر (Norbert Weiner) عن الكلمة اليونانية التي تعني موجّه الدفة او مديرها في السفينة مشيراً إلى دراسة الأنظمة التي يسيطر عليها تنفيذها الحقيقي وليس تنفيذها المتوقع. يمثل التيرموميتر الذي يقوم بإطفاء الفرن عندما تصل درجة الحرارة إلى الحرارة المطلوبة مثالاً للآلية المؤازرة، وهو مصطلح هندسي يشير إلى الآلات التي تضبط نفسها. كانت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية مهتمة، خلال الحرب العالمية الثانية، بتطوير مدافع مضادة للطائرات يمكنها أن تتعقب (تقتفي أثر) الطائرات المعادية من خلال توقع موقعها المستقبلي بناءً على معلوماتٍ حول تغيرات الموقع تزوّد بها الآلة ثانية. أما حاسوب اليوم فإنه معدّ لأن ينفذ بعض الحسابات المعينة معتمداً على نتائج حسابات سابقة.

في الآليات المؤازرة يُغذى خرج الآلة إلى نقطة معينة في الآلة حيث تضبط معلومات التغذية الإرجاعية الخرج الناتج أو التالي. وتكون التغذية الإرجاعية سلبية عندما تغذىٰ الأخطاء ثانية للحفاظ على نشاط ما في حدودٍ معينة. وتكون التغذية الإرجاعية إيجابية عندما تخدم المعلومات المغذاة ثانية في إيجاد المزيد من النشاط نفسه. وتوصف الأنظمة التي تعمل تحت ضبط التغذية الإرجاعية بأنها أنظمة الحلقة المغلقة. يقارن الشكل (4.97) بين أنظمة الحلقة المغلقة وأنظمة الحلقة المفتوحة في الآلات والأعضاء البيولوجية. والفارق بينهما أن الخرج مبرمج مقدّماً في أنظمة الحلقة المفتوحة، بينما يغذّى نتاج النظام ثانية في أنظمة الحلقة المغلقة كي يتماثل أو يتشابه مع البرنامج. وإن وجد هناك اختلاف بين البرنامج والأداء أو النتاج، تجري التعديلات المطلوبة لتصليح الخطأ.



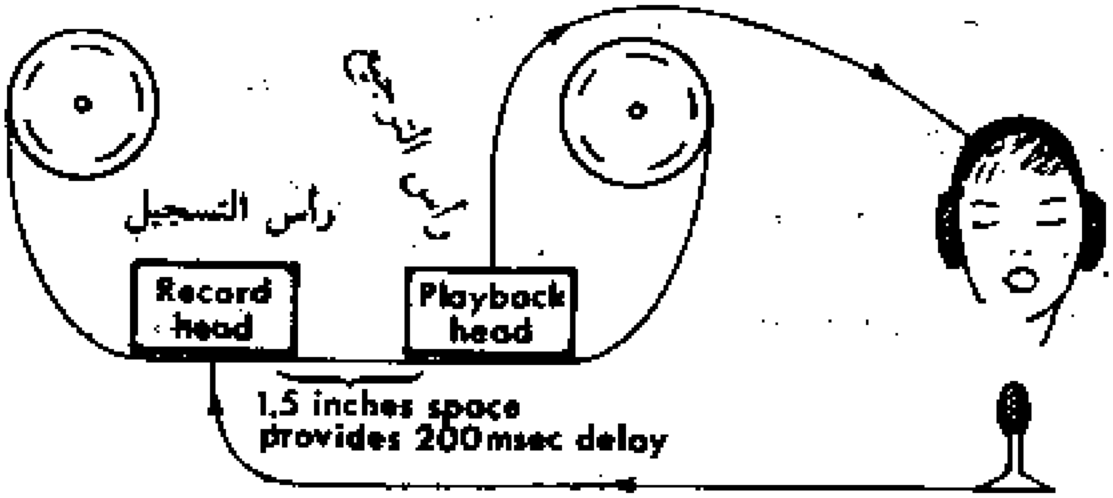
الشكل 4.97: مخطط بياني يقارن ضبط أنظمة الحلقة المفتوحة وأنظمة الحلقة المغلقة في الآلات والأعضاء البيولوجية.

يتطلب إصدار الكلام الاستخدام المنسق والفوري للآليات التنفسية، والصوتية والنطقية، وذلك نشاط معقد جداً ويصبح وجود شكل ما من أشكال ضبط التغذية الإرجاعية أمراً معقولاً. وهناك، على الأقل، أربعة أنواع من المعلومات المتوفرة للمتكلم يمكنه استخدامها في ضبط التغذية الإرجاعية وهي: التغذية السمعية، والموضعية، والتقبلية الذاتية وتغذية الجهاز العصبي المركزي الإرجاعية.

التغذية الإرجاعية السمعية - Auditory Feed back

تم التنبيه على الإهتمام بدور آليات التغذية الإرجاعية في ضبط الكلام من خلال اكتشاف حدث مصادفة على يد مهندس من نيوجرسي يدعى برنارد لي «Benard Lee» عام 1950. فبينما كان يسجل صوته على آلة تسجيل صوتية، لاحظ، في بعض الظروف، أنه يمكن للتغذية الإرجاعية السمعية لصوته نفسه أن تجعله متعثراً Dysfluent. ففي آلة التسجيل العادية، يسبق رأس التسجيل، على نحو عادي، رأس الترجيع كما هو واضح في الشكل (4.98). فلو استمع مستمع إلى كلامه المسجل من قبل عبر سماعات رأسية متصلة برأس الترجيع الذي يقوم هو نفسه بتأخير وجيز، لأصبح الكلام العادي شاذاً في أغلب الأحيان، وتتكرر المقاطع، ويطول الجهر.

نظام التغذية الإرجاعية السمعية المؤجلة
DELAYED AUDITORY FEEDBACK



يؤدي مسافة قدرها 1.5 انش إلى تأخير قدره 200 ميلسكند.

الشكل 4.90: تأثير التغذية الإرجاعية السمعية المؤجلة. يسجل متكلم صوته نفسه بينما يستمع إلى التسجيل بوقت مؤجل من خلال مراقبة رأس الترجيع في المسجل. وتؤدي مسافة 1.5 إنشاً إلى تأخير قدره 200 ميلسكند بسرعة شريط قدرها 7.5 انشاً في الثانية. يؤدي هذا التأجيل إلى تشويش كلامي أعظمي عند الكبار.

وقد أثار تأثير التغذية الإرجاعية السمعية المؤجلة هذه عاصفة من الحماس ومعيناً من الدراسات في الخمسينيات. وقد فُسِّر تأثير التغذية الإرجاعية المؤجلة من قبل العديد على أنه دليل على أن الكلام يعمل كآلية مؤازرة تمثل فيها التغذية السمعية الإرجاعية قناة الضبط الرئيسة. وقد تحدىٰ هذه النظرية بعض الذين لاحظوا أنه يمكن لبعض المتكلمين متابعة الكلام بطلاقة تحت وطأة تأثير التغذية السمعية الإرجاعية المؤجلة من خلال التركيز على الصفحة المكتوبة وتجاهل الإشارة السمعية. ولن تكون فترات تصحيح الأخطاء، عندما تقع، والتي تحدث على شكل وقفات، متعلقة خطياً بحجم الوقت المؤجل، ولن يكون تأثير التغذية الإرجاعية المؤجلة مشوشاً إلا في ظروف الشدة العالية. وتفسير بديل لتأثير التغذية السمعية الإرجاعية المؤجلة هو اعتبارها نتيجة إجبار الإنتباه (شده) لمعلومات التغذية الإرجاعية السمعية التي

تتعارض مع المعلومات المستقبلة من الحركة النطقية. إنها حالة تقول فيها عضلاتك «نعم»، لقد قلت شيئاً ما، أما أذنك فتقول «لا».

هناك طرق عديدة للتدخل في التغذية السمعية الإرجاعية غير تأجيلها. وعلى الجملة، يقوم المتكلم بجعل كل تشوه أمراً عادياً. فلو كان الصوت الناتج عن الهواء مضخماً لقلل المتكلمون الشدة الصوتية، أما إن كان واهناً، فإنهم يزيدون الشدة. إما ان لم يتمكنوا من سماع أنفسهم مطلقاً، فإنهم يزيدون الشدة (تأثير لومبارد) ويطيلون الجهر كما تعرف أنت إن كنت قد حاولت التكلم مع شخص يجلس تحت مجفف للشعر. حتى انه لتصفية مناطق التردد في الكلام بعض التأثير في السمات الرنينية للكلام المنتج. وقد وجد جاربر (Garber) أنه لو استمع المتكلمون إلى كلامهم هم أنفسهم عبر مصفاة ذات ترددات منخفضة، فإنهم سيستجيبون لذلك بتقليل الرنين الأفقي المنخفض، ويرفعون التردد الأساسي، ويزيدون الفهم أو الإيضاح. وتفسير ذلك أنه من المعتقد أن المتكليمن يحاولون إعادة معلومات التردد العالي المفقودة.

وتوضح هذه التأثيرات أن السمع يعمل بوصفه نظام تغذية إرجاعية في ضبط الكلام، لكنها تفشل في الإجابة عن مسألة ما إن كانت التغذية الإرجاعية مهمة للغاية عند المتكلم الماهر. وإن كانت الحال كذلك، فهل تستخدم باستمرار أم أنها تستخدم في حالات الكلام الصعبة فحسب. ويعاني الذين يصابون بالصمم العرضي تأثير صغير فوري متعلق بفهمهم لكلامهم، وبعد مدة من حصول الصمم تتدهور بعض الأصوات، على نحو ملحوظ /s/. ورغم وجود الدليل على أن المتكلمين يحاولون التعويض عن التشويش في التغذية الإرجاعية، لكن السمع يمكن ألا يفيد، على نحو مؤثر وفعال بوصفة آلية تغذية إرجاعية في مراقبة النطق الخارج الحذق لأن السمع لا يزوّد المتكلم بالمعلومات الضرورية عن الأصوات العابرة (القصيرة للغاية) إلا لاحقاً، ومن ثم يكون المتكلم قد تكلم ولا يمكنه القيام بالتصحيحات الضرورية إلا بعد وقوع الأصوات. يستخدم المتكلمون السمع، على أية حال، لشحذ أهداف أصواتهم الكلامية، أما إن كانوا يستمعون إلى نفسهم، فإنهم يستخدمونه لالتقاط أخطائهم.

أثناء إصدار الكلام، تلمس الشفة السفلى الشفة العليا، ويلمس رأس اللسان أو نصله الحافة السنخية من الحنك القاسي، وتلمس أطراف اللسان الجانبية الأضراس، وتلمس اللهاة جدران البلعوم، وترتطم اختلافات الهواء الضغطية بجدران المجرى الصوتي، وتحدث العديد من الإمكانيات الأخرى لإجابات اللمس. تضم الإحساسات الموضعية الإحساس باللمسة الخفيفة التي تتوسطها النهايات العصبية الحرة للألياف الحسية المتواضعة قرب سطح أعضاء النطق، والإحساس بالضغط الأعمق الذي تتوسطه أجسام عصبية مركبة تكون بعيدة عن السطح. فعندما تثار مستقبلات الحس، تُمنع الخلايا العصبية المجاورة من التصرف مما يساعد على تحديد الإحساس وشحذه. والشفتان والحافة السنخية، وقسم اللسان الداخلي مزوّدة جميعاً بمستقبلات حس سطحية تستجيب للمسة الخفيفة. ويحتوي سطح اللسان المحدب على كثير من الألياف الحسية التي تفوق في تعدادها أي عدد آخر في أي جزء آخر من جسم الإنسان. وبالإضافة لاستجابتها لحاسة اللمس تستجيب بعض هذه المستقبلات لإحساسات الذوق، والحرارة والألم.

وثمة طريقة لقياس الإحساس الموضعي هي أن يكتشف المرء نقطتين متميزتين بوساطة جهاز يسمى مُحساس اللمس* أو مقياس حساسية اللمس. يمكن للمرء أن يحس بنقطتين منفصلتين عند قمة رأس اللسان إن ابتعدت الأولى عن الثانية بمجرد 1 إلى 2 ملم. أما إن تراجعنا إلى مؤخرة اللسان أو جوانبه، فإنه يجب، عندئذ، أن تبلغ المسافة التي تفصل النقطة الأولى عن الثانية سنتمتراً واحداً حتى يمكن التمييز بينهما. إن مستقبلات الحس أكثر في سطح اللسان العلوي منها في سطحه السفلي وهي أكثر أيضاً في منطقة الحافة السنخية من الحنك القاس منها في القسم الخلفي من الحنك. إن ثلثي الإحساس الموضعي من قسم اللسان الداخلي يُبث عبر الألياف الحسية في الفرع اللساني من العصب المثلث ـ التوائم. ويبث العصب المثلث التوائم أيضاً نبضات من مستقبلات الحس في الشفتين والحنك. ويحمل العصب البلعومي ـ اللساني المعلومات الحسية من ثلث اللسان الأخير، ويعتقد أن بعض الألياف الحسية من العصب اللساني

*جهاز يستعمل لقياس حساسية اللمس عن طريق تعيين المسافة التي يجب أن تفصل بين نقطتين مضغوطتين على الجلد للإحساس بهما كنقطتين منفصلتين.

تتجه مع العصب الحركي إلى اللسان: العصب التحتلساني (العصب الثاني عشر).

وثمة طريقة أخرى في تقدير الإحساس الموضعي في الفم هي اختبار حاسة اللمس الفمية من خلال وضع أشكال في فم الخاضعين للتجربة من أجل التعرف عليها أو تمييزها. وقد وجد أن المقدرة على تحديد الأشكال، من خلال تحسسها باللسان والحنك وبعدها الإشارة إلى الصور المناسبة، ذات علاقة ضئيلة جداً أو لا تذكر بالمقدرة الكلامية، على الرغم من اكتشاف رنجل «Ringel» من جامعة بوزدو، علاقة ما قائمة بين تمييز الشكل (أي الحكم على شيئين بكونهما متشابهين أو مختلفين) والمقدرة على نطق الأصوات الكلامية بطلاقة عادية.

كانت هنالك محاولات عديدة لتحديد أهمية اللمس في الكلام من خلال التدخل في التغذية الإرجاعية الموضعية العادية والنظر إلى تأثيرات التدخل في الكلام. وقد استطاع علماء الكلام، من خلال استخدام الوسائل التي يستخدمها أطباء الأسنان نفسها، إيقاف النبضات العصبية في منطقة الفم من خلال تحديد فروع مختلفة من العصب المثلث التوائم، من ثم حرمان المتكلم من التغذية الإرجاعية الموضعية. وغالباً ما ينتج عن مثل حالات الإيقاف العصبي هذه نطق مشوه للكلام وخاصة الصوت /s/، ولكن الكلام يبقى، على الجملة، مفهوماً بدرجة عالية. وعلى الرغم من تقليل حاسة اللمس الفمية المميزة بنقطتين إلى حد ملحوظ، فإن من يخضع للتجربة، يستطيع، مع ذلك، تحريك لسانه في كافة الاتجاهات وتحسس موقعه. وعندما يضاف التقنيع السمعي إلى الإيقاف العصبي لا تحدث زيادة هامة في الأخطاء النطقية. وقد قدمت نظريات كثيرة لتفسير التشوه الكلامي: من النظرية الحسية الثانوية (حيث يحتاج إلى التغذية الإرجاعية الحسية لدقة النطق) إلى النظرية الحسية المركزية (تحدث اعادة تنظيم عامة في النشاط الحركي نتيجة الفقدان الحسي) فالنظرية الحركية الثانوية (التي تعتمد على دليل من التأثيرات في الحركة بالإضافة إلى العصبونات الحسية) والنظرية الحركية المركزية (بعد أن يدخل المخدر الدم، فإنه يحدث تأثيراً حركياً صغيراً مثل كلام الإنسان السكران). وبسبب صعوبة ضبط المتغيرات الموروثة في تقنيات الإيقاف العصبي لما تمتحن هذه النظريات على نحو مناسب بعد.

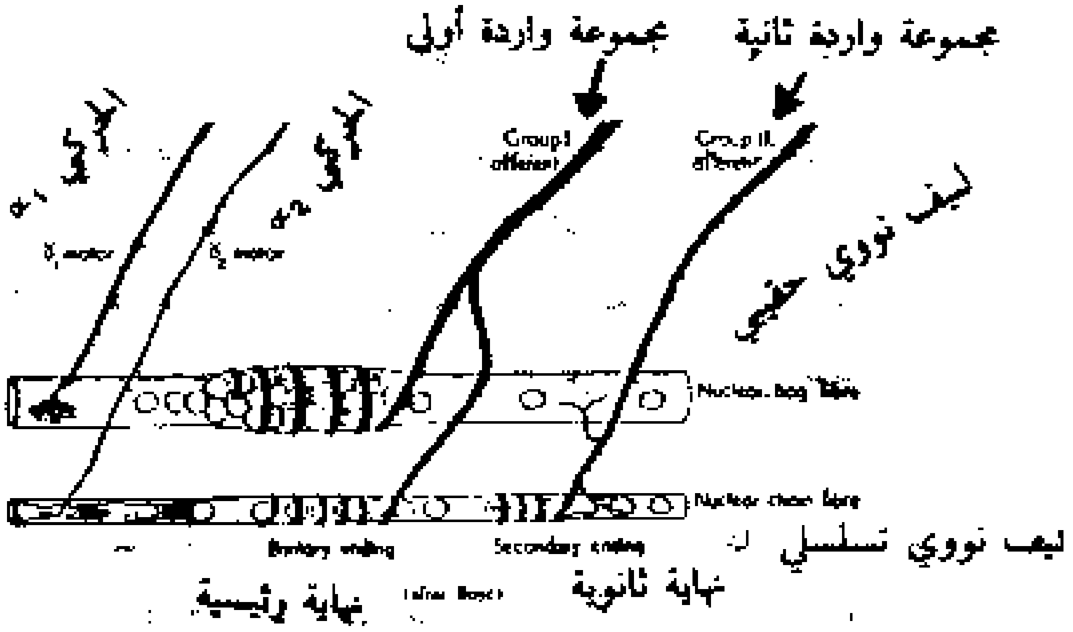
يمكن اعتداد السمع واللمس نظامي تغذية إرجاعية خارجيين لأن الإشارات تحدث أو تنشأ بوصفها نتائج لحوادث حركية. وينتج عن الإنقباضات العصبية الضرورية للكلام حركات في الهواء وأعضاء النطق تثير هي نفسها مستقبلات الحس الموضعية في منطقة الفم. وينتج عنها أيضاً موجات صوتية يمكن للمستمع سماعها. تنشأ هذه المعلومات بوصفها نتيجة للنشاط العضلي لكنها لا تحتوي على تغذية إرجاعية مباشرة من النشاط العضلي نفسه. إن التغذية الإرجاعية المباشرة من العضلات هي أسرع من التغذية الإرجاعية الخارجية وهي جزء من إحساس الحركة والموقع يدعى الإستقبال الذاتي.

التغذية الإرجاعية الذاتية Proprioceptive Feed back

ميَّز تشارلز بيل « charles Bell » في عقود القرن التاسع عشر الأولى اللمس عن الإحساس العضلي الذي أسماه الإحساس بالحركة. وبعد ذلك، وفي القرن نفسه، وسَّع باستيان «Bastian» تحديد الإحساس بالحركة ليضم إحساساً مركباً من الحركة مشتقاً من مستقبلات الحس في المفاصل، والأوتار والعضلات. وقد اقترح شيرنجتون «Sherrington» مصطلح مستقبل خارجي لمستقبلات الحس الخاصة بالموضع أو الموقع، ومصطلح المستقبل الذاتي لمستقبلات الحس التي تثار بفعل الجسم نفسه الذي يعطي إحساس الحركة. تبث أجهزة الإحساس في المفاصل معلومات عن الزوايا العظمية. بينما تستجيب مستقبلات الحس في الأوتار إلى أية تقلصات في العضلات الملتصقة بها، ومن ثم تبث معلومات حول امتداد العضلات وتقليصها.

ولمستقبلات الحس الموجودة في العضلات المخططة أهمية خاصة عند علماء وظائف أعضاء الجسم المتخصصين بالكلام. وتسمى مستقبلات الحس هذه بالعضلات المغزلية، لأنها تتشكل في أغلب الأحيان على هيئة تمسك الألياف النحيلة التي يلتف منها (يخرج) الخيط في الغزل. تكون العضلات المغزلية أكثر تعقيداً في تعصيبها من الأوتار، ومستقبلات الحس الواقعة في المفاصل. فهي تمتلك عصبونات واردة وعصبونات صادرة أيضاً. والمغزليات (ألياف داخل المغزلية)، الشكل (4.99)

ألياف عضلية مغلفة تتوضع على نحو موازٍ للألياف العضلية الرئيسة (ألياف خارج المغزلية).



الشكل 4.99: مخطط مبسط للأقسام المركزية في أنموذجين في المغزليات

وعندما تثير العصبونات الواردة العضلة الرئيسة، تثار العصبونات الواردة الصغيرة التي تزود المغزليات العضلية في الوقت نفسه. وتكون العصبونات الحركية إلى العضلة الرئيسة أكبر (يبلغ قطرها من 8 - 20 M m) ولذلك تدعى عصبونات الحركية مقارنة مع العصبونات الحركية الأصغر (يبلغ قطرها من 2 - 8 M m) التي تسمى عصبونات ∝ الحركية التي تزود الألياف المغزلية بالأعصاب من طرفيها. تثار العصبونات (Ia) الرئيسة الواردة. والعصبونات (IIa) الثانوية الواردة من خلال تطويل الألياف ضمن المغزلية، ومعدّل التغير في الطول. وعندما تمتد الألياف المغزلية استجابة للانقباض العضلي، تقوم العصبونات المغزلية الواردة بنقل معلومات حول الانقباض ثانية إلى الجهاز العصبي المركزي. وتكوّن العصبونات الواردة الرئيسة من المغزليات من أكبر العصبونات البشرية حيث يتراوح قطرها من 12 - 20 M m، وتبث نبضات عصبية تصل إلى 120 متراً في الثانية. إن السرعة التي تنقل بها المغزليات معلومات التغذية الإرجاعية تجعلها جذابة للغاية في أن تمثل ميكانيكيات ممكنة للضبط الخارج عن النشاطات الحركية السريعة بما في ذلك الكلام. وقد وُجدت المغزليات في

العضلات المستعرضة، وفي كافة العضلات البلعومية،والعضلة الذقنية ـ اللسانية وعضلات اللسان الأساسية، ووجدت على نحو أقل في العضلات الوجهية. وهكذا نجد أن العضلات المتعلقة بإصدار الكلام مزودة على نحو جيد بالمغزليات التي يمكن توليفها لنقل معلومات التغذية الإرجاعية حول تغيرات طول العضلة.

على الرغم من معرفة الطرق العصبية بشأن معلومات العضلات المغزلية من بعض أنظمة العضلات، لكن الطريق نحو اللسان يكتنفه الغموض. إذ يُعتقد الآن أن العصبونات المغزلية الصادرة عن اللسان تسير مع وجهة العصب الحركي التحتلساني (العصب الثاني عشر) وتدخل جذع الدماغ عن طريق الأعصاب الظهرية العنقية (C_1 - C_3).

يمكن لنظام التغذية الإرجاعية الذاتية أن يعمل على المستويات الإرادية والمستويات اللاإرادية، فبعض الممرات تذهب إلى الحبل الشوكي، أما بعضها الآخر فيذهب أيضاً إلى القشرة اللحائية والمخيخ. وعلى الرغم من أن إحساس النشاط العضلي هو إحساس لاشعوري عادة، لكنه يمكن جعله شعورياً. فقد أثار جودوين، ومكلوسكي وماثيوز (Goodwin, Mccloskey & Mathows) مغزليات ذراع رجل بوساطة مهزاز. وطلب من الرجل أن يمدّ يده الأخرى كي توازي موقع الذراع الخاضعة للإثارة. فقد أخطأ الرجل في الموقع ظاناً أن عضلات يده الخاضعة للإثارة كانت أكثر امتداداً مما هي عليه بالفعل. وبعد ذلك شلّ الباحثون العضلات الواردة في مفصل إصبع السبابة وجلده للرجل الخاضع للتجربة كي يروا إمكانية تحسس المغزليات بمفردها شعورياً ومن دون أية معلومات من مستقبلات الحس الواقعة في المفصل وعندما حرّك أحد الباحثين الإصبع، تمكن الرجل الخاضع للتجربة من تحسس الحركة واتجاهها، وهكذا تم التأكيد من أنه يمكن إدراك خرج المغزليات بمفردها شعورياً.

ومن الصعب جداً تحرّي نظام الكلام الذاتي مباشرة. وقد تم تحري نظام التغذية الإرجاعية الذاتية في الكلام على نحو غير مباشر من خلال التدخل آلياً في العلائق العادية المكانية للوصول إلى دراسة التكيف التعويضي. فقد حاول بعضهم التكلم، وهم يعضون على كتل بين أسنانهم تتدخل في حركة رفع الفك العادية، وكذلك بصفائح معدنية تنفتح على نحو غير متوقع بين الشفتين متدخلة بذلك في الإغلاق

الشفوي، أو إضافة عضو صنعي حنكي في الفم مغيراً بذلك عرض الحافة السنخية. وهناك الكثير مما يمكن تعلمه بشأن طبيعة التعويضات التي يقوم بها المتكلم استجابة لهذه التغيرات الآلية.

أما في هذا الوقت، فإنه من غير الواضح ما معلومات التغذية الإرجاعية السمعية والموضعية أو الذاتية أم أن تجمعاً ما من هذه المعلومات مجتمعة هو المسؤول عن تنفيذ التعويضات الملحوظة وتوجيهها.

وقد قامت محاولتان مثيرتان لإيقاف عصبونات غاما الحركية في العضلات الكلامية مباشرة. فقد شلّ كرتشلو وفون ايلير (Critchlou & Von Euler) ألياف غاما الواصلة إلى العضلات الخارجية الواقعة بين الأضلاع حيث توقفت ألياف (Ia) عن الإطلاق أثناء الشهيق وبقيت تطلق أثناء الزفير فحسب بسبب الإمتداد المعاكس للعضلات المتخصصة بالشهيق، ولم يكن لذلك أي تأثير في الكلام، ولكنه أشار إلى أن عصبونات ألفا وعصبونات غاما تثار مجتمعة لأن عصبونات المغزليات الواردة هي نشطة، عادة، بسبب العضلات الشهيقية أثناء الشهيق. ولو انطوت التجربة على شل للعضلات الواقعة بين الأضلاع الأصعب وصولاً وتعاملاً، لكان لأي تأثير هناك في الكلام أن يصبح أكثر وضوحاً

وفي دراسة أخرى حاول أبس (Abbs) أن يوقف عصبونات غاما الحركية الواصلة إلى العضلات الفكية انتقائياً من خلال إيقاف الفرع الفكي من العصب المثلث التوائم من كلا الطرفين، وهكذا أوقفت الألياف الكبيرة (عصبونات ألفا الحركية الواصلة إلى الألياف العضلية الرئيسية والعصبونات الواردة من مستقبلات الحس الموضعية والذاتية) والألياف الصغيرة (عصبونات غاما الحركية والعصبونات الواردة المسؤولة عن الألم ودرجة الحرارة). وبما أن الألياف الكبيرة تستعيد نشاطها قبل الألياف الصغيرة، فقد أعتقد أنه عندما تستعيد العضلة قوتها وحاسة لمسها إلى درجتها العادية، وتبقى أحاسيس الألم والحرارة معطلة، يكون التزويد الحركي للمغزليات عندئذ متوقفاً. تحت هذه الظروف، حرك من كان يخضع للتجربة الفك بسرعة أقل وتزايد ضئيل عندما طلب منه تخفيض الفك. لكنه لم يكن هناك أية تأثيرات واضحة متعلقة بالفهم والإدراك في الكلام على أية حال.

إن دراسات التغذية الذاتية المباشرة ممكنة على الحيوانات. وتقترح الدراسات

الحديثة على القردة، التي أوقفت عصبوناته الواردة على نحو ثنائي من عضلات الأصابع أو عضلات الفك، أنه يمكن القيام بالحركات المطلوبة دون الإحساس الجسدي أو الإحساس بالرؤية من جانب العضلات الخاضعة للتجربة. والحاجة ماسة لمزيدٍ من الدراسات للتأكد مما إن كانت التعديلات الحركية الصغيرة كاملة على الرغم من إيقاف العصبونات الواردة. لقد حفظت الأنماط الحركية الكبيرة المتعلمة جيداً على الجملة، لكنّ المقدرة على التكيف لتغيير غير متوقع تحتاج لمزيدٍ من البحث والاستقصاء، كما تحتاج تلك المقدرة إلى تعلم أنماط حركية جديدة.

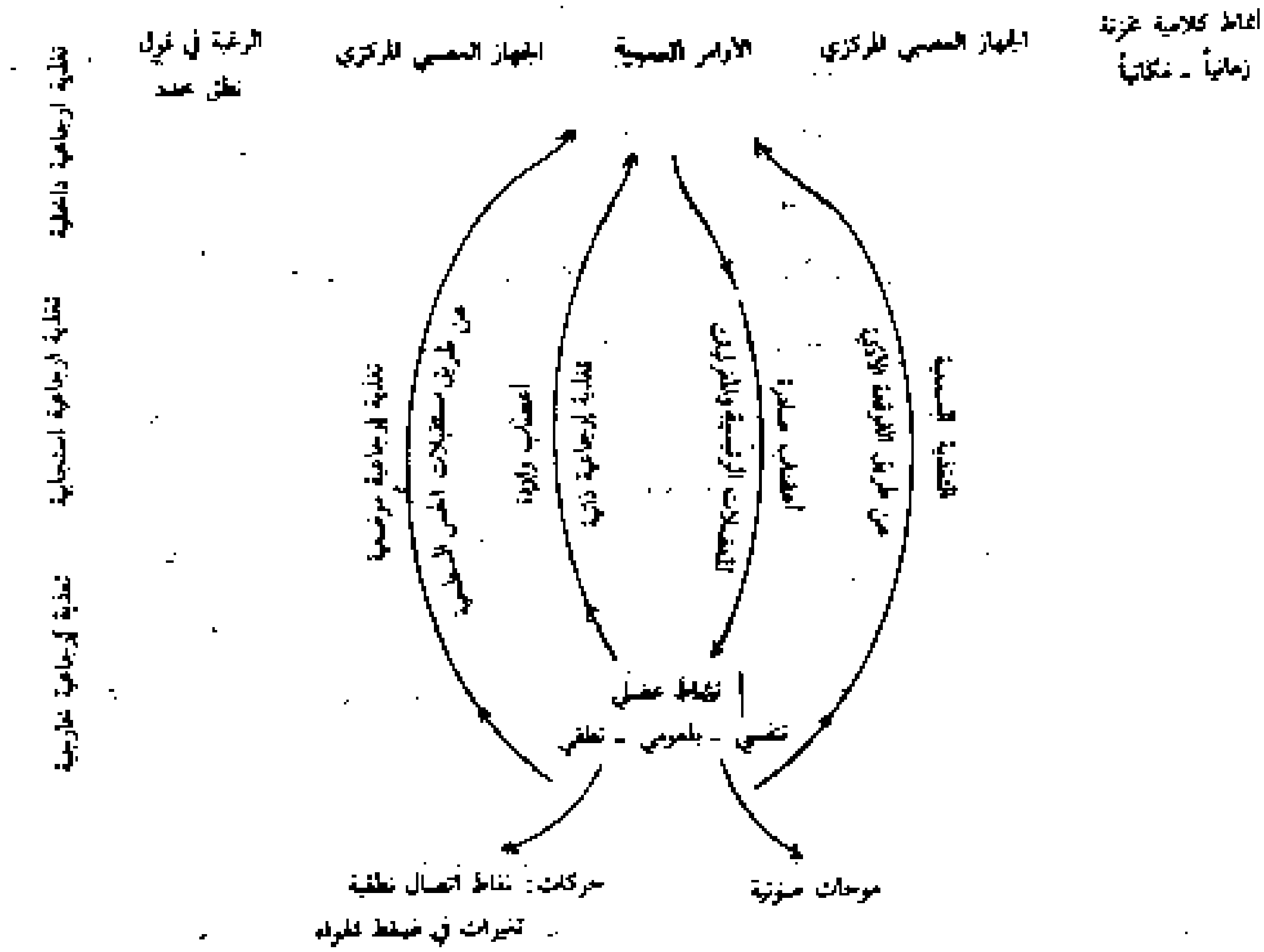
التغذية الإرجاعية الداخلية **Internal Feed back**

بناء على الارتباطات العصبية العديدة بين المناطق الحركية في القشرة اللحائية، والمخيخ والمهاد، اقترح علماء الجراحة العصبية أن ضبط أنماط الحركة الماهرة، كما يحدث في غرف البيانو أو أثناء الكلام، يمكن أن يعمل وفق نظام تغذية إرجاعية يقع ضمن النظام العصبي المركزي. ويمكن إثارة الأنماط المكتسبة تحت سيطرة دماغية لعمل الدماغ الأوسط بالاتصال مع الشريط الحركي في الدماغ. والتغذية الإرجاعية الداخلية هي نقل معلومات عن الأوامر الحركية قبل الإستجابة الحركية نفسها، ومن ثم يمكن للمعلومات أن تعود إلى المخيخ من القشرة اللحائية إن ارسلت العصبونات الحركية كما هو مطلوب قبل الإستجابة العضلية بوقت كافٍ. ولا يوجد هناك، حتى الآن، أي دليل على وجود التغذية الإرجاعية رغم المعرفة التامة بأن المخ والمهاد ينشطان قبل مائة ميليسكند من الحركة؛ لكنه لا يمكن ربط هذه الشحنة مباشرة بأية حلقة إرجاعية محددة ضمن التقنيات الحالية.

وفي الختام، هناك عدة أنواع من التغذية الإرجاعية موجودة عند المتكلم (الشكل 4.100): هناك أنظمة التغذية الإرجاعية المركزية في الجهاز العصبي المركزي التي تتطور نظرياً بسرعة وهي قادرة على التنبؤ؛ وتغذية إرجاعية رفيعة المستوى تختص بالأوامر الحركية المستهلكة، وأنظمة التغذية الإرجاعية الذاتية الإستجابية السريعة القادرة على الحركة، والتغذية المكانية من أجل الضبط الدقيق اللازم في الأعمال الحركية الماهرة، والتغذية الإرجاعية الخارجية الأبطأ والمختصة بنتائج الأعمال الحركية،

بما في ذلك في الكلام: الإشارة الفيزيائية السمعية، واختلافات الضغط الهوائي، ولمس عضو نطق عضو نطق آخر، وعلى قدر ما يكون النظام مركزياً يكون سريعاً في مقدرته على تغذية المعلومات ثانية وأكثر فعالية في الضبط الخارج في الأنماط الحركية المركبة والسريعة. أما الأنظمة الأكثر ثانوية، والتي تعمل بعد الإستجابة العضلية فيمكنها أن تكون فعّالة في مقارنة النتيجة بالقرار، ومن ثم يمكنها أن تكون مهمة في تعلم نمط حركي جديد.

أنظمة الضبط الحركية في الكلام



الشكل 4.100: تجريد للأنظمة الإرجاعية المتوفرة لدى المتكلم.

البحوث المتقدمة حول آليات التغذية الإرجاعية
Developmental Research on Feed back mechanisms.

وربما كانت درجة اعتماد المراهقين والكبار على أنظمة الضبط مختلفة تماماً عن درجة استخدام الرضع والأطفال لأنظمة التغذية الإرجاعية عندما يتعلمون الكلام. ولا يوجد شخص يعرف الصعوبة التي يواجهها الأصم في تعلم الكلام يمكن أن يشك في أهمية مقارنة المتكلم النامي أو المتطور خرج سمعه نفسه بكلام الجماعة التي يعيش فيها. وقد وُجدتْ دراسات كثيرة، بشأن نظام التغذية الإرجاعية السماعية المؤجلة مع الأطفال، أنهم أقل تأثراً بالتغذية الإرجاعية المشوه للوقت من الأطفـال الأكبر سنـاً والكبار. وقد أظهرت الدراسات التي قام بها ماكي (Mackay) أن الأطفال الأصغر سناً يتأثرون كثيراً بتأخير مختلف عن الكبار 500 ميليسكند للأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 4 - 6 سنوات و 375 ميليسكند للذين تتراوح أعمارهم من 7 - 9 سنوات، مقارنة مع فارق يبلغ 200 ميليسكند عند الكبار، حيث يجعل تأثير التغذية الإرجاعية الرضع يقصّرون - بدلاً من أن يطولوا - فترة الصوت. وعنـدما يستمعـون إلى أصواتهم المضخمة. وتعاد إليهم في الوقت نفسه فإن تخفيضهم للشدة الصوتية أقل من تخفيض الأطفال الأكبر سناً. وتظهر تجارب التدخل عن طريق اللمس من خلال تقنية وقف العصب عند الأطفال الآثار المحدودة نفسها في الكلام كما هي الحال في الدراسات التي أجريت على الكبار.

إن الاتحاد الأهم في تعلم سمات الكلام المنسق ربما كان الاتحاد بين السمع والتغـذية الـذاتية. وإن معلومـات التغذيـة الذاتيـة متوافـرة خـلال تغيـرات طـول العضلات، ولا يحتاج الطفل إلى أن ينتظر نتيجة الحركة كي يحسّ أو يشعر بالنمط الإيمائي. تقوم العصبونات الواردة من مستقبلات الحس الموضعية بتغذية المعلومات ثـانية بسـرعة أكبـر. ويمكن، عندئـذٍ، ربط الإحساس بـالحركـة بنتائجـه السـمعية والموضعية، ويمكن مقارنة الإحسـاس كامـلاً بالنمط الصـوتي المراد (الـذي قصد). وهكذا يقوم طفل يحاول إتمام نطقه لكلمة (ball) بمحاولة لفظها، معتمداً على ما تعلّمه من المحاولات السابقة، متحسساً حركة المجرى الصوتي وأمكنته التي ربطها بسرعة

بنتائجها الموضعية والسمعية، ويقارن صوته بصوت الإنسان الكبير في نطقه لـ (ball) حيث يشكّل هذا الأخير نمطاً قد خزّنه الطفل في دماغه. ومن الصعب جداً اختبار أهمية التغذية الذاتية. لا يشكل التقنيع السمعي أو الموضعي عاملاً فعّالاً في تشويه الكلام عند اختبار المفردات اللغوية التي يعرفها الطفل مقدماً. ويجب أن تركز الدراسات المستقبلية على تأثيرات التدخل في قنوات التغذية الإرجاعية عندما يقوم الذين يخضعون للتجربة، أطفالاً وكباراً، بتعلم أنماط كلامية جديدة.

نماذج إصدار الكلام Models of Speech Production

عندما نفهم شيئاً ما جزئياً، فإننا نقوم، أحياناً، بصنع أنموذج عنه. والأنموذج هو تبسيط النظام الذي يمثله. إنه ينشأ عادة لاختبار مظهر معين من ذلك النظام. ومن خلال اختبار الأنموذج تحت ظروف مختلفة، كي نرى ما إن كان يتصرف مثل النظام الذي نحاول فهمه، يمكننا أن نتعلم بعض الشيء بشأن النظام نفسه. يصمم الناس نماذج آلية، ورياضية، ونماذج لغات طبيعية، وحواسيب. وفي محاولة فهم أفضل لآلية السمع صمم فون بيكسي (Von Bekesy) أنموذجاً آلياً لمحارة الأذن، صنع الغشاء القاعدي فيه من مطاط ذي سماكات مختلفة. وقد بدا النموذج كخزان ماء يحتوي على رف مرن. ولم تكن هناك أية محاولة لجعل الأنموذج يشبه محارة الأذن في شكله؛ ومع ذلك أدى الغرض كنموذج فون بيكسي في نظرية الوجه الساخرة في السمع. وأثناء ذبذبة الترددات العالية، تصدر الموجات المتحركة في الخزان ذبذبات قصوى في الجزء النحيف من الرف المرن، أما في الذبذبات ذات الترددات المنخفضة، فإن الإزاحات الأعظمية في الغشاء كانت في القسم الأثخن عند نهاية الخزان القصوى.

يمكن تأسيس نماذج حواسيب آلياً أو رياضياً. تخزن المعلومات التي تصف النظام في حاسوب بالإضافة إلى القوانين التي يعتقد أن النظام يعمل وفقاً لها. ويمكن، عندئذٍ، استخدام قدرات الحاسوب الحسابية السريعة في تقرير النتيجة لمثل ذلك النظام تحت ظروف مختلفة. وبمقدرة الحواسيب على رسم الجداول البيانية، يمكن رسم الأنموذج، كما يتوقع تفسيره ضمن ظروف مختلفة. وقد طوّر فلنجان «Flanagan» من مختبرات بيل أنموذجاً للحبال الصوتية مؤلفاً من قطعتين معدنيتين (الأجزاء العليا،

والأجزاء السفلى كي تعكس اختلاف الطور العمودي الذي وصف تحت عنوان إطار عمل الحنجرة) ووصل بحاسوب كي يختبر فعاليته في تنبؤ عمل الحنجرة الإنسانية الحقيقية.

يُعبّر عن معظم نماذج إصدار الكلام بلغة طبيعية، وليس بلغة رياضية، مؤلفة من وصف فعلي ذي جداول ورسوم بيانية، وتعاريف ومجموعة قواعد وقوانين، وسنقوم هنا بوصف مقتضب لثلاثة نماذج تتمتع بتأكيد لغوي ـ فوي: أنموذج بيترسون وشوب (Peterson & Shoup) بشأن صفات الصوتيات السمعية والفيزيولوجية. ونظرية تشومسكي وهالي «Choms ky & Halle» بشأن السمات المميزة الثنائية. وأنموذج ليبرمان «Liberman» من ترميز قواعد للفونيم حتى التحويلة السمعية. ستتبع النماذج اللغوية نماذج عدة ذات تأكيد «بيولوجي» يخاطب بعضها هدف إصدار الكلام، ويناقش بعضها الآخر مسألة التوقيت، أما القسم الأخير فيناقش مسألة استخدام التغذية الإرجاعية.

بترسون وشوب:
الصوتيات الفيزيولوجية والسمعية
Peterson & Shpoup
Physialogical & Acoustic Phonetics

في عام 1966 حاول كل من جوردن بترسون وجون شوب، متخذين الأبجدية الصوتية العالمية نقطة بداية، وصف كافة أصوات اللغة المحكية، مستخدمين معلومات من الصوتيات التجريبية، والفيزيولوجية والسمعية بوصفها قاعدة صلبة للوصف. بني الأنموذج الفيزيولوجي من تسعة عشر تعريفاً أولياً، واثنين وعشرين محوراً، وسبعة وسبعين تعريفاً متبوعاً برسمين بيانيين صوتيين. يمثل الأول ثمانية أساليب نطق وفق ثلاثة عشر مكاناً أفقياً، وثلاثة عشر مكاناً للنطق أيضاً بينما يمثل الرسم الثاني اثني عشر متغيراً صوتياً ثانوياً. وفي النهاية تفسّر ثلاثة المتغيرات النظمية الصوتية على نحو مفصل. وبُني الأنموذج السمعي من وصف لفظي وسمعي لستة نماذج من الموجات الكلامية، وستة نماذج من المتغيرات الصوتية السمعية، وثلاثة متغيرات من المتغيرات السمعية النظمية، وفي النهاية يصل المؤلفان الصوتيات السمعية

بالصوتيات الفيزيولوجية من خلال مناقشة التحويلة الممكنة من السمات السمعية إلى السمات الفيزيولوجية في الكلام.

تشومسكي وهالي: السمات المميزة
Chomsky & Halle Distinctive Features

قدم رومان ياكسبون «Roman Jackbson» وجانر فانت « Gunnar fant » وموريس هالي «Morris Halle» أنموذجاً لوصف السمات الصوتية أو تغيرها في كل اللغات المعروفة. وظهر وصف للأنموذج «Preliminaries to Speach Analysis» في تقرير مخبر الصوتيات في معهد ماسوشوستس للتكنولوجيا عام 1952، وطبعته، فيما بعد، مطبعة المعهد الآنف الذكر. يرتكز الأنموذج على نظام ثنائي حيث تقارن كل سمة بأخرى مضادة. وتعتمد السمات كثيراً على ملاحظات من الطيوف الصوتية التي فحصت آنذاك بدقة متناهية لأول مرة. يُثبت الأنموذج سمات أساسية وأخرى ثانوية تتعلق بمصدر الصوت السماعي وسمات أخرى زمنية. يبلغ مجموع السمات كاملة اثني عشرة مجموعة.

وبطباعة «The Sound Pattern of English» عام 1968، أعاد موريس هالي وناحوم تشومسكي صياغة نظام السمات المميزة. فقد ثبتت السمات المميزة وفق شروط نطقية لا سمعية وكانت ثنائية أيضاً، فعلى سبيل المثال، بدلاً من سمة ياكسبون وفانت وهالي «Grave» عكس «Acute» التي تنطبق فيها سمة «Grave» على الأصوات التي تشغل مناطق التردد المنخفض في الطيف، وتحتل سمة «Acute» المناطق ذات الترددات العالية، نجد أن تشومسكي وهالي أعادا صياغة الفروق وفق شروط أكثر ميلاً إلى الشروط النطقية كالسمات التي تصف التجويف [± جسم لسان مرتفع]، [± مؤخرة جسم اللسان]. وهناك سبعة وعشرون زوجاً من السمات مقسّمة على أصناف السمات الرئيسة: صفات التجويف، سمات أساليب النطق، وسمات مصدر النطق. إن السمات المعلّمة بالإشارة (*) غير مهمة في اللغة الإنجليزية:

صفات الصنف الرئيسة: I. Major class Features

Sonorant	صوت مجهور (ذبذبة الحبال الصوتية)
Vocalic	صوت صائت (فتح التجويف الفمي)
Consonontal	صوت صامت (تضييق أو انسداد المجرى الصوتي)
II. Cavitey Features	II. سمات التجويف
Coronal	الصوت التاجي (تطلّع اللسان إلى الأعلى)
Anterior (Patato alvealar obstruction)	صوت داخلي (انسداد أو تضييق حنكي - سنخي)
Tongne body	جسم اللسان:
High (above neutral)	مرتفع (فوق شكله الحيادي)
Law (below neutral)	منخفض (دون شكله الحيادي)
Back (retrached)	خلفي (تراجع للخلف)
Rouned (lips nerrow)	صوت مدور (الشفتان ضيقتان)
Distributed (extended constriction)	صوت موزع (منتشر) (تضييق مطوّل - ممتد)
Coveyed (narrow tense pharynl)*	صوت مغطى (مقنع) (بلعوم ضيق مشدود)*
Glottal constrictions	تضييق (انسداد) حنجري
Nasal	أنفي
Lateral	جانبي
III. Manner of Articulation Features	III. سمات أسلوب النطق
Conti nuant	مستمر
Instantanous release	تحرير (افلات - اطلاق) فوري
(/t/ is +)	(/ت/ + تحرير فوري)
(/tʃ/ is –)	(/تش/ – تحرير فوري)
Suction*	جذب (انجذب)*
Velaric Suction (clicks)	انجذاب (التصاق حلقي) (أصوات الطقطقة)
Implosion	انفجاري - داخلي
Pressure*	الضغط*
Velaric	ضغط حلقي

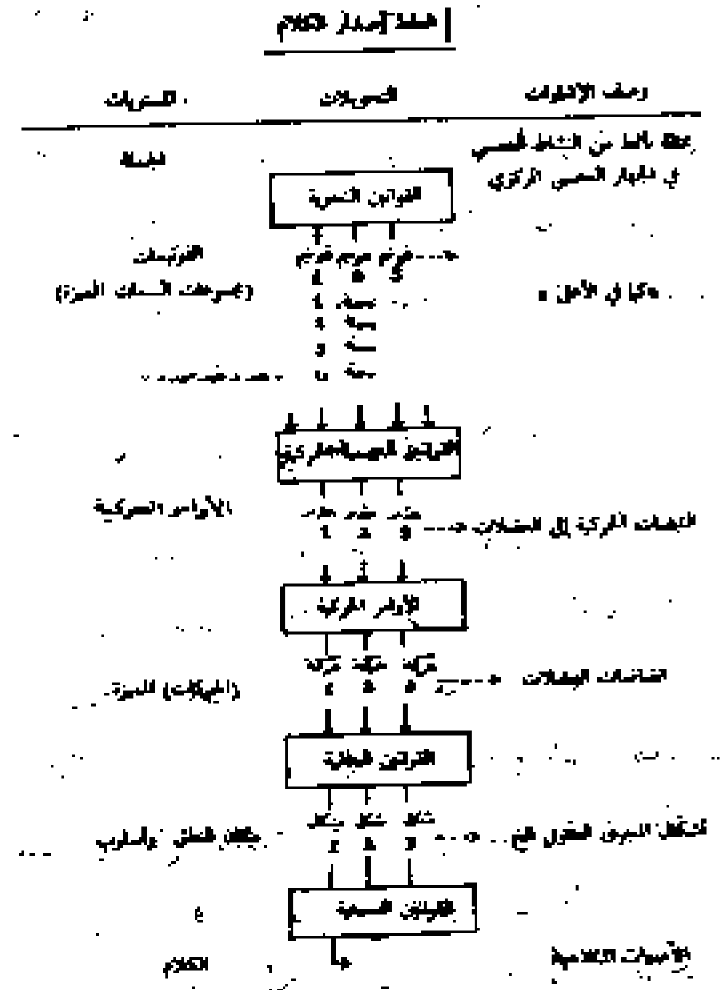
الأصوات الخارجة بشدة (قذفية أو ملفوظة بشدة)	Ejectives
مشدود (جهد عضلي)	Tense (muscular effort)
IV. سمات مَصدر الصوت	IV. Source Features
ضغط تحتجري مرتفع	Heightened Subglottal Pressure
الجهر	Voice
حاد النغمة	Strident
السمات النظمية	Prosodic Features
النبرة	Stress
طبقة الصوت	Pitch
الطول	Length

ومن طبيعة الوصف، نجد أن هذا الأنموذج ساكن لزاماً ولا يفسّر أو يصف طبيعة الكلام الديناميكية. لكنّ المؤلفين، على أية حال، غير مهتمين، إلى درجة كبيرة، بتحقيق الكلام نفسه، بل إنهما يصفان الكفاءةالفونولوجيةعند الإنسان، وعلى الرغم من ذلك، فإن السمات الصوتية عند تشومسكي وهالي أكثر تطبيقاً في أنموذج لإصدار الكلام من مجموعة من السمات السمعية الصرفة. فقد اقترح المؤلفان هذه السمات بوصفها وصفاً للمقدرات الصوتية عند الإنسان. ويمكن لأنموذج متكامل أن يدمج نتائج السمات «الفيزيولوجية» السمعية بالقوانين النطقية لاشتقاق المخرج السمعي.

ليبرمان: الرمز (الشيفرة) الكلامي Liberman: The Speech code

على الرغم من أن موضوع بحث ليبرمان وكوبر وشانكويلر (Liberman, Cooper & Shankweiler) الذي ظهر عام 1967 هو إدراك الكلام، لكنه احتوى على أنموذج لإصدار الكلام أيضاً يقدم التحويلات التي اعتقد المؤلفون أنها ضرورية في القوانين الترميزية التي يستخدمها المتكلمون. ويصف الأنموذج الفونيمات، أو مجموعة السمات التي تؤلفها، بأنها اشتقاق على مستوى عالٍ من الصياغات التركيبية ـ النحوية ضمن الجهاز العصبي ـ المركزي. يرفض الأنموذج فكرة أن الأصوات الكلامية هي فونيمات مباشرة جاهزة للتحويل الصوتي، لكنه يقول إن هناك تلطيخاً سمعياً (اكيوستيكياً)

للفونيمات ناتجاً عن المعاملة المتوازنة لأكثر من فونيم واحد في الوقت نفسه. أنظر الشكل (4.101). ووفقاً للقوانين العصبية ـ الحركية المناسبة، فإن الإرشادات العصبية ترسل في وقت واحد إلى عدة عضلات. إن السمات التي تنتج عن تقلصات العضلات هذه تشكل اختلافات في أشكال المجرى الصوتي وفقاً لمجموعة من القوانين النطقية، وتحوّل تغيرات التجويف المختلفة بمرور الوقت إلى ما نسمعه بوصفه كلاماً من خلال قوانين سمعية. والنقطة المهمة هنا ـ من خلال هذه التحويلات المضاعفة ـ هي أن الفونيم، بوصفه وحدة ساكنة جامدة، يتحور ويتغير من خلال سياقه. وبما أن النظام الحركي عند المتكلم يبثُّ أكثر من فونيمٍ واحدٍ، في وقت واحدٍ في أغلب الأحيان، فإن النشاط العضلي، والحركات والإشارات السمعية يمكن أن تعكس هذا التطليخ. سنصف هذا الأنموذج بإسهاب أكبر في سياق إدراك الكلام في الفصل الآتي. إن النماذج التي وصفناها حتى الآن متأثرة، على نحو واسع باعتبارات لغوية. هناك نماذج أخرى لاصدار الكلام تؤكد الاعتمادات العصبية ـ الفيزيولوجية على نحو أكبر



الشكل 4.101 مخطط لعملية إصدار الكلام كما تصوره ليرمان. وتصور إدراك الكلام على أنه عكس العملية الموصوفة هنا.

الأهداف الكلامية: Speech Goals
نظرية الهدف والنظرية السمعية Target Theory And Auditory Theory

قدم بيتر ماكنيلج في بحثه «Motor control of Serial ordinary of Speech» عام 1970 أنموذجاً لإصدار الكلام ينسجم مع فكرة هيب (Hebb) بشأن التكافؤ الحركي والعمل، آنذاك، في مجال ضبط حلقة غاما في الأنظمة الحركية. ومن أمثلة التكافؤ الحركي حقيقة أنه يمكنك كتابة الحرف B بيمناك أو بسراك أو أن تمسك قلم رصاص بأصابع قدمك على الرغم من اختلاف العضلات المستخدمة في كل محاولة. ومثال التكافؤ الحركي في الكلام الذي أعطاه ماكنيلج هو قدرة أي متكلم على إصدار «كلام الأنبوب» على الرغم من أنه يجب تغيير نشاط الفك، واللسان، وحركات الشفتين، ونشاط العضلات التحتية أو الأساسية. ويمكنك أن تشعر بالاختلاف من خلال قول «not» بفم مفتوح، وبعد ذلك بأسنان غير متحركة كما لو أنك كنت تمسك بقلم أو أنبوب بين أسنانك. يدعي ماكنيلج أن المتكلمين لا يصدرون مجموعة من الأوامر الحركية لكل وحدة كلامية لأنهم يقتربون من أشكال المجرى الصوتي من عدة أماكن مختلفة بل يرى أن هدف المتكلم هو هدف مكاني. ففي الدماغ، هناك تمثيل ذاتي مكاني للمنطقة الفمية. وللوصول إلى الهدف المنشود، يمكن للمتكلم أن يتكيف مع ذلك من أي من الأماكن المختلفة. وتفترض النظرية أن إصدار الكلام هو نظام حلقة مفتوحة، ولكن بمساعدة ممكنة من آلية التغذية الإرجاعية لحلقة غاما في التنبؤ بالتصرف أو النشاط العضلي تحت وطأة بعض الظروف أو الحالات.

إن مفهوم الأهداف موجود ضمنياً في ملاحظات بجورن لندبلوم «Bjorn Lindblom» بشأن تقليص الصائت، التي ذكرت من قبل. لكنّ هذه الأهداف مصوغة ضمن شروط ترددات الصائت المميزة. فالمتكلم يهدف إلى أهداف سمعية ثابتة، على الرغم من أنها يمكن أن تتقلص أو تتغير خلال الإرسال السريع غير المركز. والمستمع قادر على تصحيح التقلصات الحاصلة إدراكياً. ومن ثم يستعيد أهداف الصائت. ومن هنا يأتي الهدف على أنه تمثيل نفسي لإصدار الصائت الحقيقي.

يقرّ سباوت نوتبووم (Sibout Nootboom) من هولندا نظرية الهدف عند ماكنيلج حيث يجد أن نظاماً مكانياً ذاتياً متسقاً أكثر فعالية من أنماط حركية مخزونة لكل عمل ممكن. ولكنه يقترح أن ماكنيلج لم ينجح نجاحاً عقلياً في أنموذجة. وينبّه نوتبووم، مشيراً إلى عمل لندبلوم، على أنه يجب فهم غرض المتكلم بوصفه فهمياً إدراكياً في المقام الأول. حتى إن الأهداف المكانية يمكن أن تتغير أو تتحور في بعض الأحيان. يعرض نوتبووم مثال المتكلمين الذين يصدرون [u] بشفاه مدوّرة أو من دونها. وإن لم يستخدم تدوير الشفتين لتطويل المجرى الصوتي من أجل الترددات المنخفضة، فإنه يمكن عندئذٍ الاستعاضة عن ذلك بضغط البلعوم نحو الأسفل لتحقيق النتيجة السمعية نفسها. تختلف، هنا، الأهداف المكانية، لكنه يفهم كلاًّ من الصوتين على أنه الفونيم /u/ نفسه، يتضمن أنموذج نوتبووم لإصدار الكلام تمثيلاً داخلياً لمكان إدراكي سمعي. ويستخدم دماغ المتكلم فيه، مفيداً من التمثيلات السمعية والتمثيلات المكانية، قوانين تربط هذه التمثيلات لحساب الأوامر الحركية اللازمة لإنجاز الأهداف من الحالة النطقية الراهنة.

وقد اقترح بيتر لادافوجد «Peter Ladefoged» نظرية سمعية لإصدار الكلام، على الأقل، في إصدار الصوائت، يرى فيها انه ربما كان هناك اختلافٌ في ضبط الإصدار بين الصوائت والصوامت.

نماذج التوقيت Timing Models

إنّ البحث عن المتلازم الثابت للفونيم لا يمثل هَمَّ عالم الصوت التجريبي الوحيد. ذلك إن حقيقة ترتيب الكلام على محور زمني قد قادت إلى عدة نماذج لإصدار الكلام تؤكد التوقيت. إن بحث كارل لاشلي «Karl Lashley» الكلاسيكي الذي طبع عام 1951، قد نجح في إبطال مصداقية نظريات السلسلة المترابطة لإصدار الكلام في عقول معظم المنظرين الذين تبعوه. تقول نظرية السلسلة المترابطة أن مثير حركة ما يجب أن يبدأ الحركة اللاحقة. وبالمقابل نظر لاشلي بأن إصدار الكلام يدمج عدة أنظمة متداخلة، ولكنها مستقلة تتناظر مع غرض المتكلم أو هدفه أسماها والنزعة

المقرّرة «Determining Tendency»، وتتألف من مستودع الصور والكلمات، والتنظيم الحركي وآلية ترتيب زمنية. والنقطة الهامة هنا هي أن الترتيب الزمني، كما يراه لاشلي، ليس موروثاً في الفكرة، أو الكلمة أو الترتيب الحركي، بل يمكنه أن يضبط ترتيبها. إن وسيلة الترتيب الزمني هي تراكيب القواعد، وهي مخطط متكامل متماسك. وهو يصورها بوصفها تنظيماً للكلمات وترتيباً للأعمال الحركية أيضاً، أن أنموذج لاشلي هو أنموذج حلقة مفتوحة ذات أنظمة دائمة التدخل دوماً.

وقد نظم سفن أوهمان «Sven Öhman» أنموذجاً رياضياً لإصدار الألفاظ المؤلفة من صائت ـ صامت ـ صائت. إنه أنموذج نطقي له خمسون خطاً تقسم المجرى الصوتي، تشكل فيه أعلى نقطة في الحنك وبداية التجويف الفمي المنحنى محور الإحداثيات. لقد استخدم ليلخص رياضياً النطق المشترك الذي يصفه أوهمان من الأطياف الصوتية. ويحتوي الأنموذج على صفات الفونيمات الساكنة والقوانين «الديناميكية» التي تمزج الفونيمات في الكلام المستمر. وينظر أوهمان إلى التوقيت الزمني بوصفه نتيجة لانتقال المتكلم من صائت إلى صائت وفرض تحرير الصوامت وحبسها على الجدول الجهري. ويفسّر هذا تأثيرات النطق المشترك الملحوظة، ويتضمن أيضاً آليات ضبط منفصلة للصوائت والصوامت.

وطوّر ويليم هنيك (William Henke) أنموذج حاسوب يعتمد على أداة بحث نطقية. يدعم الأنموذج آلية كشف قبلية للضبط الحركي. وترسل الأوامر الحركية بعدد كبير من الوحدات بشرط ألا تتعارض فيما بينها. يولد الأنموذج خيطاً من الفونيمات بنطق مشترك ينتج عن انتشار السمات من صوت كلامي معين إلى الأصوات الكلامية المجاورة.

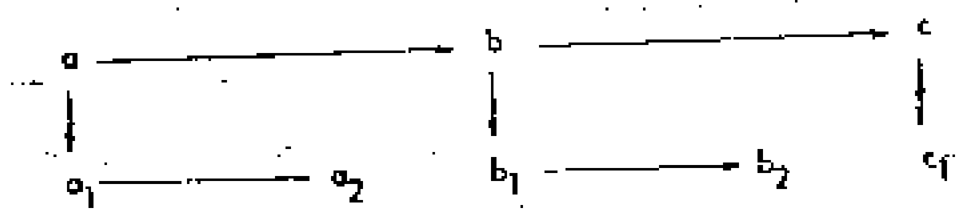
يتصل بالترتيب الزمني بعدٌ آخر من التوقيت، وهو نمط التوقيت النسبي للوحدات في العبارة. وقد اقترح جيمس مارتن (James Martin) أنموذجاً للإيقاع الكلامي، تبرمج فيه المفردات المنبورة أولاً، حيث يعطيها المتكلم التوكيد النطقي الأساسي، ويولي التوقيت ونطق الأقسام الأقل نبراً في العبارة أهمية أقل. وتكون آلية الإصدار تحت سيطرة مركزية. وعلى الرغم من أن بعض اللغات (الإنجليزية إحداها) مؤقتة النبر على نحو أوضح من اللغات الأخرى، فإن مارتن يعدّ مثل تلك الأنماط التوقيتية النسبية أو الإيقاعات سمات عالمية. إنّ توقيت النبر هو النزعة إلى حدوث النبر بفواصل متساوية. ويبدو أن المستمعين يتحسسون إيقاع الكلام ويستعينون به في التنبؤ ببقية الرسالة.

ومهما يكن، فإن المرء عندما يشرع في قياس إيقاع الكلام في المختبر يجده محيّراً كالفونيم. يمكن أن يكون الإيقاع في عقل المتكلم، ولكنه يصاب بالضبابية وعدم الوضوح عندما يتحول في الجدول السمعي للكلام. ويقترح مارتن، على أية حال، أن المستمع يدخل إيقاع المتكلم ويتابعه على الرغم من معدل تغيرات المتكلم وعوامل أخرى تجعل من الإيقاع شيئاً صعب التشخيص والتحديد موضوعياً.

نماذج التغذية الإرجاعية Feed back Models

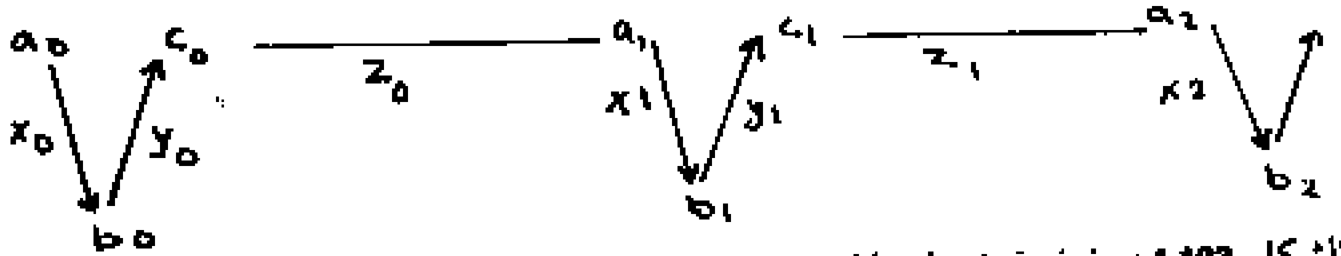
أشار كتاب كتبه رجل وامرأته من فريق كوزهيفينكوف (Kozhenvinikov) وجستوفيتش (Chistovitch) من معهد بافلوف في لينينغراد عام 1965 التفكير بشأن تنظيم الكلام من خلال تقديم أنموذج للتوقيت الكلامي وضبط المقطع. وقد أظهر الباحثان من خلال قياس أمدسلسلة الوحدات(Syntogma) التي تفصلها وقفات (يمكن للستنجما أن تكون مقطعاً واحداً، ولكن متوسط طولها يبلغ سبعة مقاطع) أن الوقفات أكثر تغيراً من الفواصل ضمن الستنجما. وخلصا إلى القول إنه يمكن قياس الوقت بمغزى أو معنى ضمن الستنجما فحسب. وقد اكتشفنا أنه عندما يتغير معدل الكلام ضمن الستنجما تبقى الفترات النسبية للمقاطع والكلمات ثابتة. ولم يجدا أيّ فرق هام في الوقت النسبي إلا عندما قاسا التغيرات في معدل الصوائت والصوامت في كل

مقطع. يتغير صامت المقطع قليلاً بالمعدلات السريعة أو البطيئة، ولكن يتغير الصائت على نحو أكبر. واستنتج كوزهيفنيكوف وجيستوفيتش أن التنظيم النطقي للوقت يقع ضمن سيطرة المقطع. تحتوي أوامر المقطع «a» في الشكل (4.102) على تعليمات لكل من الصامت (a_1) والصائت (a_2) وأكثر من ذلك، يمكن بدء الحركات التي يتطلبها المقطع آنياً إن لم تكن متعارضه فيي بينها.



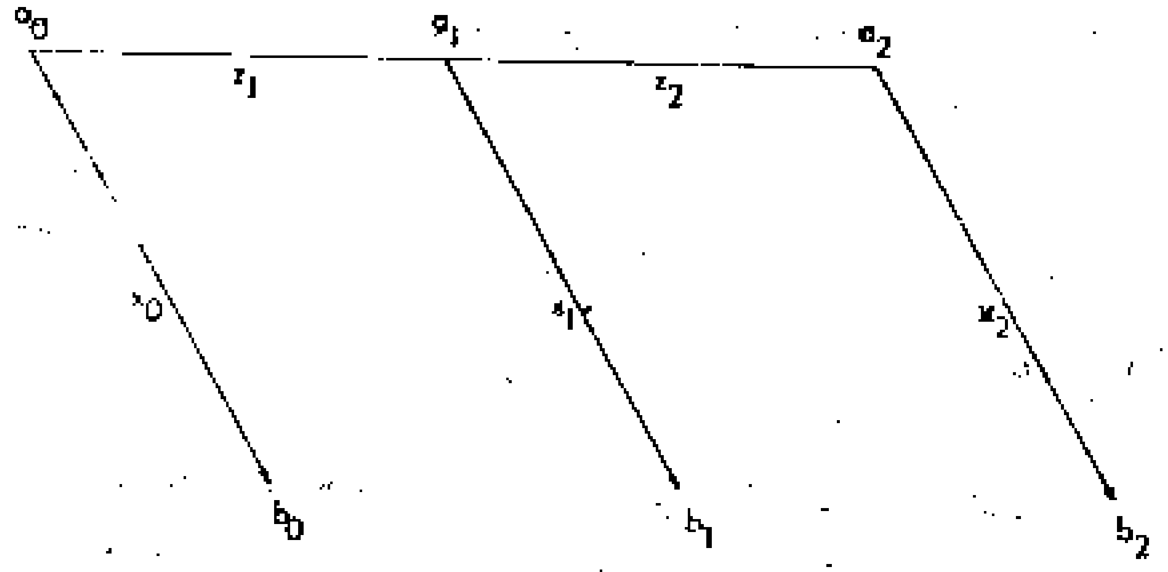
الشكل 4.102: أوامر للمقاطع a، b، و c. تحتوي أوامر المقطع أوامر صامتية (a_1، b_1 و c_1) وأوامر صائتية (خاصة بالصوائت)، (a_2، b_2 و c_2). يمكن إصدار الأوامر الصامتية والصائتية في الوقت نفسه على الرغم من إدراكها على نحوٍ متوالٍ (على التعاقب).

وقد اعتقد أن أوامر المقطع هي حلقة مفتوحة بناءً على مقارنة التوقعات من أنموذج حلقة مفتوحة وأنموذج حلقة مغلقة. يقارن الشكل(4.103) بين الفرضيات المتبادلة (المتناوبة). ففي الفرضية الأولى، ينتظر أمر بدء كل مقطع التغذية الإرجاعية الواردة التي تشير إلى أن أمر مواصلة المقطع السابق قد صدر. وذلك شكل من أشكال ضبط الحلقة المغلقة.



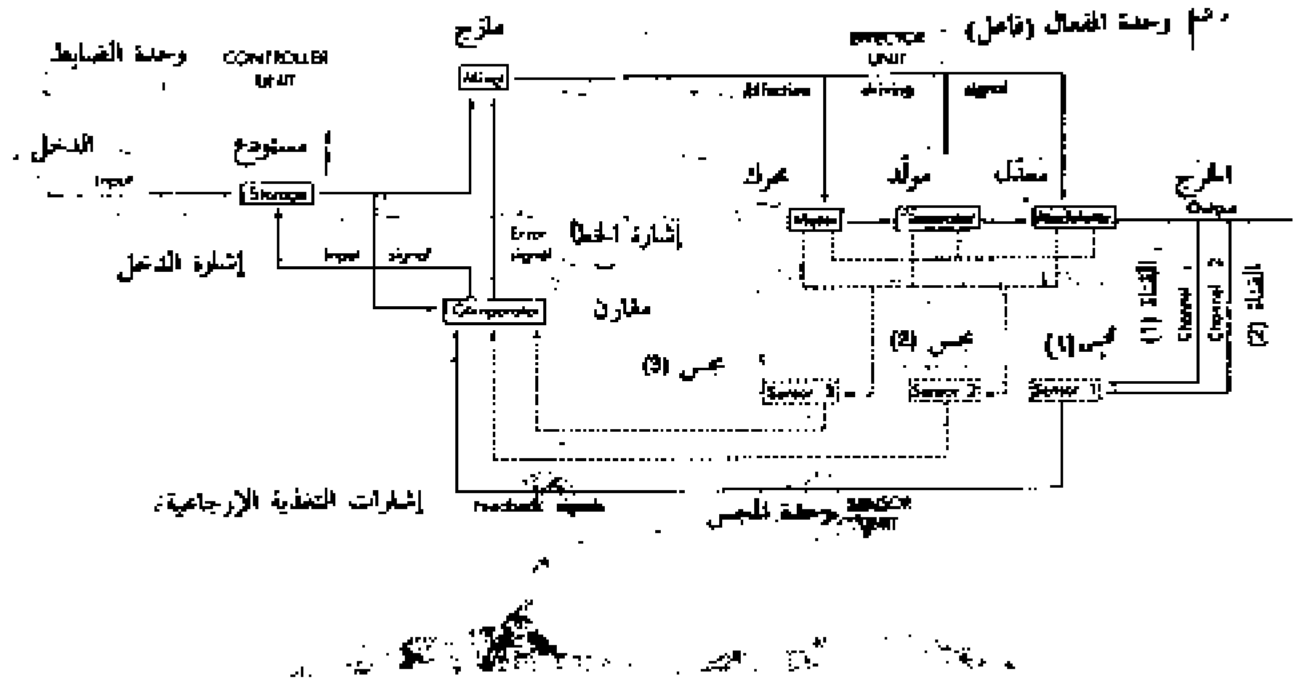
الشكل 4.103: فرضية ضبط الحلقة المغلقة. يصدر أمر بداية المقطع التالي إستجابة لنبض واردٍ يشير إلى أن المقطع السابق قد بدأ. تمثل a_0، a_1 و a_2 لحظات وصول أوامر المقطع، بينما تمثل b_0، b_1 و b_2 لحظات بداية الحركات المناظرة. بينما تمثل c_0، c_1 و c_2 لحظات دخول النبض الوارد من الجهاز العصبي مشيراً إلى بداية التحرك. (تمثل x و y وقت التحويل الحركي والحسي، بينما تمثل z الفاصل بين الحركة والأمر اللاحق).

أمّا في الفرضية الثانية، فإنّ أوامر المقطع تصدر دون انتظار العودة الصادرة عن الإستجابة العضلية. وقد استنتج كوزهيفنيكوف وجيستوفيتش على نحو أولي من خلال اختبار هاتين الفرضيتين بوساطة قياس التغيرات الحتمية الخاصة بالفترات التي تم الحصول عليها من تكرار عبارة حوالي 150 - 200 مرة، أن الفرضية الأولى للحلقة المغلقة أقل احتمالية. وكانت العبارة «Tonya Topila Banyu»، التي تعني «سخنت تونيا الحمام». وقد اعتقد الباحثان أنه لو اختلفت فترة المقطع أكثر من درجة اختلاف العبارة كاملة، وكانت المقاطع المتجاورة متلازمة سلبياً، فإن ذلك سيدعم أنموذج الحلقة المفتوحة. وعندما وجدا أن درجة اختلاف المقاطع أكبر بكثير من درجة تغير العبارة كاملة، وكان الترابط بين المقاطع المجاورة سلبياً، خلصا إلى القول إن المقطع حادثة نطقية مستقلة عن المقاطع المجاورة، بمعنى أن أمر كل مقطع يصدر ذاتياً تحت توجيه مولد إيقاع غير محدد في الجهاز العصبي.



الشكل 4.104: فرضية ضبط الحلقة المفتوحة. تصدر أوامر المقاطع المتلاحقة مركزياً. لا تؤثر النبضات الواردة في بدايات المقاطع المتلاحقة. تعني الرموز هنا ما عنته في الشكل 4.103.

على الرغم من اعتبار كوزهيفنيكوف وجيسوفيتش اللمسَ والسمعَ غير مهمين أو ضروريين في ضبط الكلام الحلق، فإنّ جرانت فيربانكس (Grant Fairbanks) أكد أهميتها بالإضافة إلى أهمية التغذية الذاتية في أنموذجه لآلية الكلام على شكل الآلية المؤازرة. وقد طبع الأنموذج عام 1954 خلال موجة الاهتمام بالحقل الجديدنسبيا«السبرانية»: علم ضبط الآلات». وطبع كتاب نوربرت فينر «The Human use of Human being» في العام نفسه). وكان فيربانكس أول من صور الكلام على هيئة نظام حلقة مغلقة بكثير من الدقة والتفصيل، حيث يمثل المحرك، والمولد وأجزاء المعدّل في وحدة المفعال في الشكل(4.105) التنفس، والصوت والنطق على التوالي. تمثل المجسّات 1، 2 و 3 السمع، واللمس والتغذية الذاتية. وقسم السمع على قنوات عظمية وتكييف هوائي. وتعمل وحدة الخزن بوصفها دارئاً حتى تنجز الدفقات الكلامية. ولا يقوم المقارن بربط الإشارة المقصودة بالتغذية الإرجاعية للمخرج الحقيقي ابتغاء التصحيح فحسب، بل يتضمن وسيلة تنبؤ، ولذلك لا تحتاج لتأخير العملية حتى تختفي إشارة الخطأ. وعندما يحدث تعارض أو تناقض بين الإشارة المقصودة والإشارة الحاصلة فعلاً في المقارنة، ترسل إلى الخارج، وبذلك يمكن تعديل وحدة المحرك أو المفعال.



الشكل 4.105: نموذج فيربانكس لعملية إصدار الكلام. (راجع النص لمزيد من الشرح).

وتبقى الاسئلة بشأن دور أنظمة الحلقة المفتوحة والحلقة المغلقة من دون إجابة اليوم والحال كذلك أيضاً بالنسبة إلى المبادىء الأساسية التي تحكم رجة الحركية كما تبدو في الإيقاع الكلامي والنطق المشترك. وبتزايد صقلنا للمعلومات، ستتحوّر النماذج وأنظمة السمات، وحتى التعاريف تتبلور باستمرار. ولا توجد هناك طريقة أفضل لإدراك ضآلة معرفتنا ومبلغ التعقيد في إصدار الكلام من أخذ لفظ قصير ومحاولة تفعيل الحوادث الثانوية المتجسدة في إصداره. وأخرى فقر هذا الفصل هي مثل تلك المحاولة.

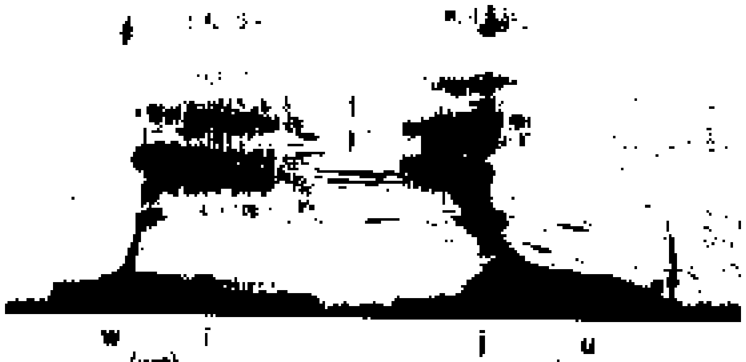
إصدار جملة Production of A Sentence

الجملة هي: «We beat you in soccer»

«نغلبكم في كرة القدم»

[ˌwiˈbiˌtʃuənˈsɑkə] or [ˌwiˈbiˌtʃuəˈsɑkə]

يردّ أحد أعضاء الفريق الخاسر، بحزم على تعليق أحد المنتصرين بعد أن هزم هزيمة نكراء على يد فريق كرة قدم جامعي منافس «يمكن أن نكون قد خسرنا اللعبة اليوم، لكننا نغلبكم في كرة القدم»، ولو كنا داخل دماغ المتكلم نضغط أزراراً لإصدار «نغلبكم في كرة القدم» فماذا يمكن أن يكون ترتيب الأوامر ودمجها؟. والعبارة ممتازة لأنها تحتوي على أصوات الوقف، والأصوات الاحتكاكية، والأصوات الأنفية وأشباه الصوائت وصوائتنا المفضلة [i]،[ɔ] و [u]. وهناك تناسق سارّ أيضاً عندما لايحصل تشابه بين [u] و [i] كما في اللفظ الثاني، ونحصل بذلك على [wi] و [ju]. اللتين ليستا متضادتين في بالولاء للفريقين المتنافسين فحسب، بل إنهما صورتان طيفيتان تعكس إحداهما الأخرى. حيث تبدأ [wi] بـ [u] بسمية وتنزلق نحو []، بينما تبدأ عمممممع سمية وتنزلق نحو [u]. انظر الشكل (4.106).

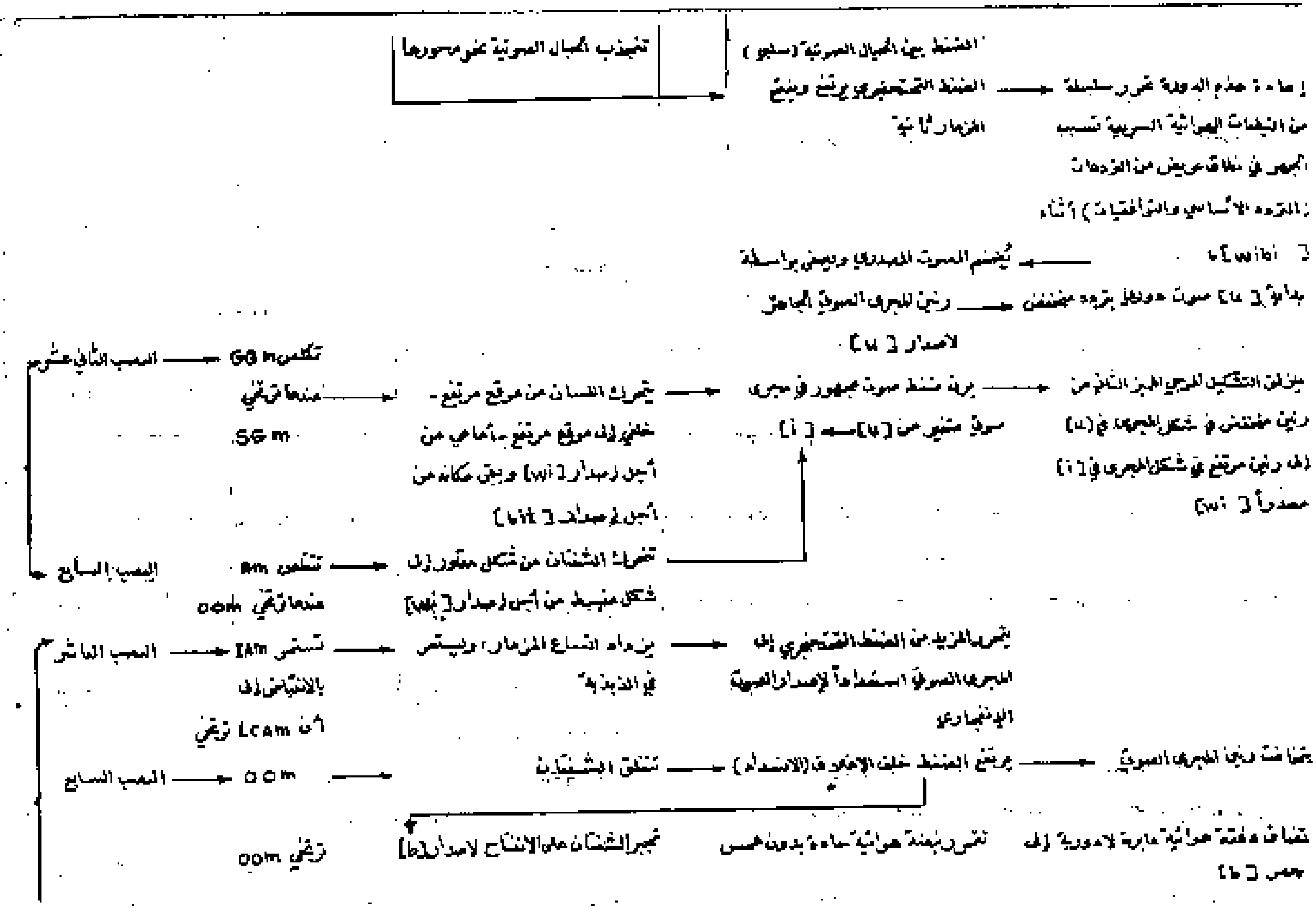


الشكل 4.106: صور [wi] و [ju] الطيفية.

وأياً ما كانت مقاصد المتكلم في رده، سواء أكانت رغبة في الإخبار، أو عرضاً لنكتة لطيفة ولكنها شائكة نسبياً، فإننا لن نحاول تقرير ذلك. كما أننا لن نحاول تتبع التشابك بين تراكيب القواعد والدلالة في اتخاذ القرار. وسنتخيل أن جملة «نغلبكم في كرة القدم» قد وضعت للحظة في مقارن كي تُعامل. وقد فرض عليها التوقيت والضبط الإيقاعي عندما كانت تعطى إلى الأوامر الحركية. سنشير إلى بعض الحوادث الحركية الثانوية بالنسبة إلى الأهداف الحركية الأكثر عمومية بغض النظر عن ماهيتها. إن الطريقة المنطقية للإشارة إلى الحوادث الحركية تقع ضمن شروط الأعصاب، والعضلات، والحركات والتغيرات التجويفية الناتجة، وتغيرات الضغط المواتي والنتائج السمعية. وسيفوق الحذف الإضافة في الوزن. ولن يكون هناك أي أثر لكلّ القوى السلبية المؤثرة دائماً للمرونة، والجاذبية، والكتلة والعطالة. سنذكر بعض قوى العضلات النشطة الواضحة فحسب. ولن يُفصّل القول بشأن النشاط العضلي المساعد للعلاقات الإنقباضية وعكسها. وسيحذف أيضاً البث العديد الممكن الوارد عن تغيرات طول العضلة، ولمسها، والإشارات السمعية التي تزود المتكلم بمعلومات عن تقدمه. ولكي نجعل الوصف ملموساً نوعاً ما، أجرينا، على أية حال، بعض التصورات المحددة بشأن طريقة معينة من الطرق العديدة في نطق الجملة. وعلى الرغم من هذه النواقص، يبقى التمرين جديراً بالمحاولة، حتى لو ربط فحسب بين عمليات التنفس، والنشاط الحنجري والنطق التي تخطط، عادة، معزولة في جوهرها، ولنذكر أنفسنا بدرجة تعقيد الكلام:

دعنا نقل أن المتكلم يحتاج الى شهيق سريع كي يبدأ الجملة

النتيجة	تغيرات المتغير	الحركات	العضلات	الأعصاب
الشهيق ←	يزداد الحجم الصدري العمودي ويهبط الضغط ←	ينخفض قاع الصدر ←	الحجاب الحاجز ←	العصب الحجابي
شهيق (65%) من السعة الحيوية ←	يزداد الحجم الصدري الجانبي والخلفي الداخلي ويهبط الضغط ←	ترتفع الأضلاع وتتوسع ←	IIm&ELM الغضروفية الوسطية ←	العصب الصدري ($T_1 - T_6$)
		يرتفع اللسان لرجلة الاستعداد ←	GGm ←	العصب الثاني عشر
		تستدير الشفتان لنطق [w] ←	OOm ←	العصب السابع
		ترتفع اللهاة وتتراجع لاغلاق الرنين الأنفي أثناء [wibitju] ←	LPM ←	العصب الحادي عشر
	تنخفض الترددات المتغيرة من خلال تطويل المجرى الصوتي	ترتفع قمة اللسان لاصدار [u] وفي نفسه لاصدار [w] . ←	SGm ←	العصب الثاني عشر
		تتقارب الحبال الصوتية لاصدار [wibi] ←	IAm ←	العصب العاشر
		تساعد في اجتذاب الحبال الصوتية من بعضها ←	LCAm ←	العصب العاشر
زفير (طرد) حوالي 3 سم من H_2O من الضغط الهوائي التحتحنجري ←	ينخفض الحجم الصدري العمودي، ويزداد الضغط ←	يستعيد الصدر وضع توازنه بسبب المرونة والجاذبية وعزم اللي ←	يرتخي الحجاب الحاجز تدريجيا	
	يرتفع الضغط الهوائي التحتحنجري الدماغي - تأثير برنولي ←	تنفتح الحبال الصوتية بسبب مرور الهواء بسرعة عالية فيما بينها		



تذبذب الحبال الصوتية نحو محورها
الضغط بين الحبال الصوتية (سطح)
إعادة هدم الدورة عبر سلسلة من النبضات الهوائية السريعة تسبب الجهر في نطاق عريض من الترددات (التردد الأساسي والتوافقيات) أثناء
الضغط التحتحنجري يرتفع ويدفع الأوتار ثانية
يُخضع الصوت المصدري ويعتني بواسطة
رنين للمجرى الصوتي الحاجز لإصدار [u]
يرفع ضغط صوت مجهور في مجرى صوتي متغير من [u] ← [i]
رنين منخفض في شكل المجرى في (u) إلى رنين مرتفع في شكل المجرى في [i] مصدراً [wi]
يتحرك اللسان من موقع مرتفع - خلفي إلى موقع مرتفع - أمامي من أجل إصدار [wi] ويبقى مكانه من أجل إصدار [wit]
تتحرك الشفتان من شكل مدور إلى شكل منبسط من أجل إصدار [wi]
GG m
SG m
am
oom
IAm
LCAm
OOm
oom
العصب الثاني عشر
العصب السابع
العصب العاشر
العصب السابع
يمر المزيد من الضغط التحتحنجري إلى المجرى الصوتي استعداداً لإصدار الصوت الانفجاري
في الذبذبة
يرتفع الضغط خلف الإغلاق (الانسداد)
تنغلق الشفتان
تجبر الشفتان على الانفتاح لإصدار [t]
تمر دفقة هوائية صامتة بدون همس

تزداد الشدة لإصدار [ا] المنبورة ← يُضاف ضغط إلى الضغط التفجيري ← تنضغط الأضلاع ← IIm ← Ti - Tn

تُثنى GGm ← العصب الثاني عشر

التشكيل الموجي الأول منخفض، ومركزه الثاني والثالث مرتفعان بسبب التجويف الفمي الصغير لإصدار [ا] ← تنضم الموجة الصوتية الخارجة من الخيشوم من خلال رنين الحجرات الصوتية ← تضيق المسافة ما بين التجويف الفمي، ويكون التجويف البلعومي أكبر، ويكون التجويف الفمي أصغر من شكله الحيادي ← منقبضة

يزداد تدفق التيار الهوائي عبر التجويف الفمي لإصدار صوت الوقف/الوقف الاحتكاكي ← تتباعد الحبال الصوتية، ويتوقف الجهر ← PCAm ← العصب العاشر

صمت (سكون) أثناء الإغلاق (الانسداد) ← يرتفع ضغط الهواء داخل الفم خلف الانسداد ← ترتفع قمة اللسان وتضغط على الحافة لإحداث الانطباق السنخي ← تتقلص SLm ← العصب الثاني عشر

أعلى GGm

دفعة هوائية لا دورية عابرة بتردد مرتفع أيو: [t] ← تتحرر نفخة هوائية حادة مع فترة همس ← يتحرر الانطباق ← ترتخي SLm ← العصب الثاني عشر

تتذبذب جهرية [ي] ← انخفاض مفاجئ في الضغط الهوائي الفمي ← تنجذب الحبال الصوتية لمعاودة الجهر ← IAM و LCAM ← العصب العاشر

تقلص GGm ← العصب الثاني عشر

يبقى التشكيل الموجي المميز الأول منخفضاً، بينما يهبط التشكيل الموجي الثاني من قمة عالية إلى منخفض في [u] ← يتحول الرنين من [ا] إلى [u] ← يبقى اللسان عالياً على هيئة [ي] مع بداية [ي] ويتحول إلى موقع عالي - خلفي من أجل تنفيذ [u] ← نشطة وتفسح المجال لانقباض SGm

تستدير الشفتان ← OOm ← العصب السابع

أو تنقبض بعيد [ ]

صوت منخفض [u] عند تحرير صوت الوقف: ← تسارع كبير لتدفق الهواء عبر التضييق ← تمر بطول ظهر اللسان عبر تضييق حلقي

[ts]: الوقف الاحتكاكي

تشكيلات موجية عمرية منخفضة ← رنين منخفض ← يتراجع اللسان ويرتفع متكيفاً لإصدار [ts] ← ترتخي GGm ← العصب الثاني عشر

نشأة مايتبع

الجبال الاحتكاكية 66m

تتبع جهر، ورنين [u] ← ينخفض الضغط الهوائي الفمي ← تنجذب الحبال الصوتية وتتابع الجهر ← 14m و L&Am [u ə n] ← المعصب العاشر

تشكيلات موجية مميزة منخفضة ← يتحول المجرى الصوتي سببياً رنيناً منخفضاً ← تستقر الشفتان ← 00m ← المعصب السابع

تشكيلات موجية متساوية التواصل ← رنين صائت أنفي [a] ← يعود اللسان إلى شكله الحيادي ← المعصب الثاني عشر – غير نشط –

يرتفع التشكيل الموجي الثاني ← يرتفع الضغط الهوائي الفمي قليلاً ← يرتفع مقدم اللسان نحو الحافة السنخية ← 5Lm ← المعصب الثاني عشر – نشط –

بينما في رنين أنفي منخفض، ورنين مصاحب ← يهبط الضغط بزيادة حجم المجرى الصوتي ← تنخفض اللهاة، وتنفتح التجاويف الأنفية ← رنين ← Lpm ← المعصب الحادي عشر – يقل نشاطه – [n] د

أو بشكل بديل [ ]

تماماً كما في الأعلى، إلا أن الموقعية تختلف، حيث تتكلف [d n] عوضاً عن رنين فمي إلى رنين أنفي، أما في المجرى الثاني [n] فنجد تخفيضاً حلقياً أسرع.

يرتفع التشكيل الموجي الثاني المبين (FL) ← يرتفع الضغط الهوائي في الفم ← يرتفع مقدم اللسان نحو الحافة السنخية ← 5Lm ← المعصب الثاني عشر

رنين أنفي بعده منخفض؛ رنين صائت ← انخفاض ضغط مفاجئ، ورنين أنفي ← تنخفض اللهاة ← PGm ← المعصب الحادي عشر

لتشكيلات موجية مميزة مرتفعة

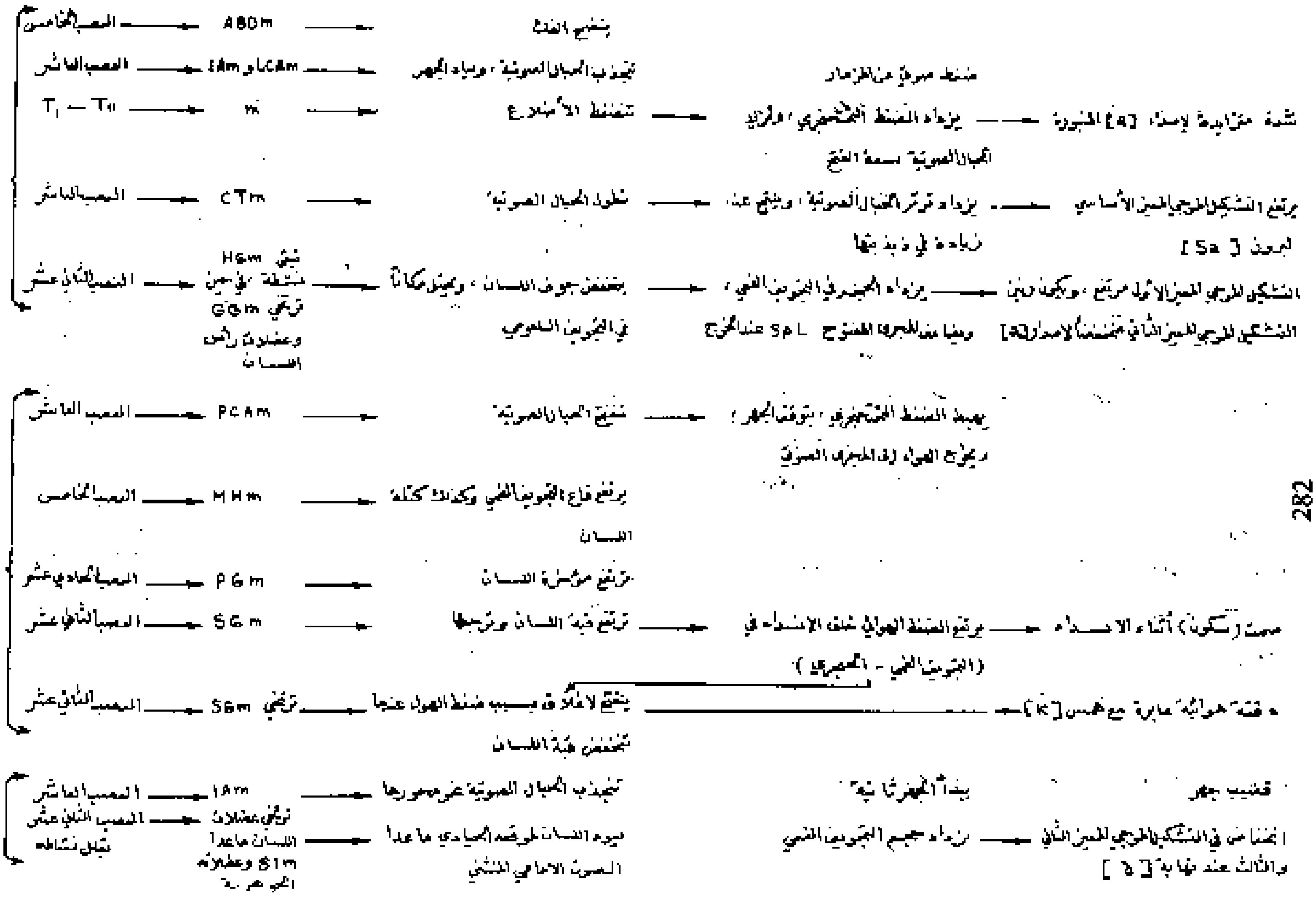
رفع مقابل جزئي أعلى وإدماج اللهاة شاخصة قد ( ) إلا أنها تبقى على ما هي حتى نهاية اللفظ ← Lpm ← المعصب الحادي عشر

يزداء تدفق التيار الهوائي لرفع الضغط الهوائي اللازم لإصدار الاحتكاكي ← تباعد الحبال الصوتية لإيقاف الجهر ← PCAm ← المعصب العاشر

ضوضاء لا دورية، تزداد بعد ذلك بالاحتكاك، خصائص [s] حرف احتكاكي خصائص الصوت المضطرب (الاحتكاكي) ← يمر تيار ضغط الهواء المرتفع عبر التضييق ← تضييق بين مقدم اللسان واللثة ← 5Lm أو 66m (أو ILm) إن كانت قمة اللسان منخفضة ← المعصب الثاني عشر

يبقى مقدم اللسان عالياً من أجل [ ] ← 5Im (أو ILm) يبقى نشطة ← المعصب الثاني عشر

ينخفض الضغط باتساع المجرى الفمي ← تبدأ قمة اللسان بالانخفاض لإصدار [ə] ← ...



العصب الخامس
ABDm
ينخفض الفك
العصب العاشر
EAm و CAm
تنجذب الحبال الصوتية ، وبداية الجهر
ضغط مرتفع من الزمار
$T_1 - T_{11}$
تتقلص الأضلاع
يزداد الضغط تحت الحنجري ، وتزداد
شدة متزايدة لإصدار [a] المنبورة
الحبال الصوتية سمة الفتح
CTm
تطول الحبال الصوتية
يزداد توتر الحبال الصوتية ، وينتج عنه
يرتفع التشكيل الموجي للمعين الأساسي
زيادة في ذبذبتها
للصوت [Sa]
العصب الثاني عشر
HGm
GGm
ينخفض جوف اللسان ، ويحول مكانه
يزداد التجويف الفمي
التشكيل الموجي للمعين الأول مرتفع ، ويكون بين
في التجويف البلعومي
وبينما من المجرى المفتوح SPL عند الخروج
التشكيل الموجي للمعين الثاني منخفضا لإصدار [a]
العصب العاشر
PCAm
تنفتح الحبال الصوتية
يهبط الضغط تحت الحنجري ، يتوقف الجهر
يخرج الهواء إلى المجرى الصوتي
العصب الخامس
MHm
يرتفع قاع التجويف الفمي وكذلك كتلة اللسان
العصب الحادي عشر
PGm
ترتفع مؤخرة اللسان
العصب الثاني عشر
SGm
ترتفع قمة اللسان وترجعها
يرتفع الضغط الهوائي خلف الانسداد في (التجويف الفمي - الحنجري)
صمت (سكون) أثناء الانسداد
العصب الثاني عشر
SGm
ترتخي
ينفتح الانغلاق بسبب ضغط الهواء عليها
تنخفض قمة اللسان
دفقة هوائية عابرة مع همس [k]
العصب العاشر
IAm
تنجذب الحبال الصوتية عن محورها
يبدأ الجهر ثانية
تقنيب جهر
العصب الثاني عشر
ترتخي عضلات اللسان ما عدا SIm وعضلاته
يعود اللسان لموضعه الحيادي ما عدا الصوت الأمامي المنثني
يزداد حجم التجويف الفمي
انخفاض في التشكيل الموجي للمعين الثاني والثالث عند نهاية [ə]

تعني المختصرات التي استخدمت في المخطط البياني ما يلي:

Elm = البين ـ ضلعية الخارجية

Ilm = العضلة البين ـ ضلعية الداخلية

VC = المقدمة الحيوية

GGm = العضلة الذقنية ـ اللسانية

OOm = العضلة المدارية الفمية

LPm = العضلة الحنكية ـ الرافعة

SGm = العضلة اللسانية ـ الابرية

IAm = العضلة الطرجهاية الوسطى

ICAm = العضلة الحلقانية ـ الطرجهارية الجانبية

P_s = الضغط الهوائي التحتنجري

F_0 = التردد الأساسي

F_3, F_2, F_1 = التشكيل الموجي الأول، الثاني والثالث.

Risorius muscle = Rm

PCAm = العضلة الحلقانية ـ الطرجهارية

SLm = العضلة الطولانية العليا

PGm = العضلة الحنكية ـ اللسانية.

ILm = العضلة الطولانية السفلى الداخلية

HGm العضلة اللامية اللسانية

ABDm = العضلة الشبطينية

CTm = العضلة الحلقانية ـ الدرقية

SPL = مستوى الضغط الصوتي

HHm = العضلة الدرقية ـ اللامية.

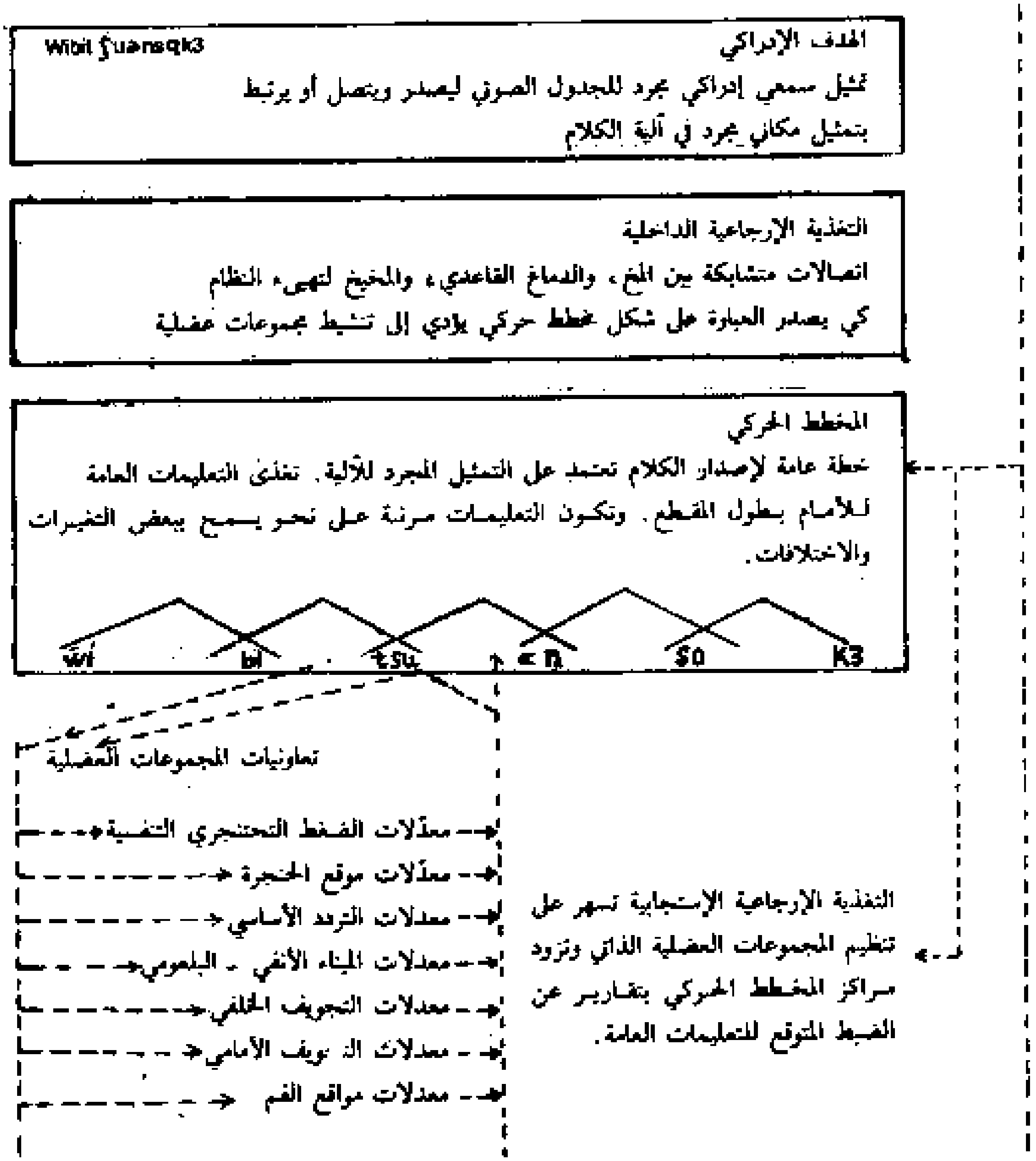
خشية أن تعطي محاولة حبك حوادث الكلام التنفسية والصوتية والنطقية هذه أي إنسان انطباعات خاطئة بأن الكلام هو نتيجة تحويلات متوازية، ولكنها مستقلة، من الشكل العصبي إلى الضغط الهوائي، أو أن هناك تحويلات مباشرة من الفونيم إلى الصوت، فقد قمنا بصياغة العملية على نحو آخر بوصفها أنموذجاً يمكن أن يمثل التنسيق بين المجموعات العضلية الموجودة في الكلام على نحو أفضل. يظهر الشكل

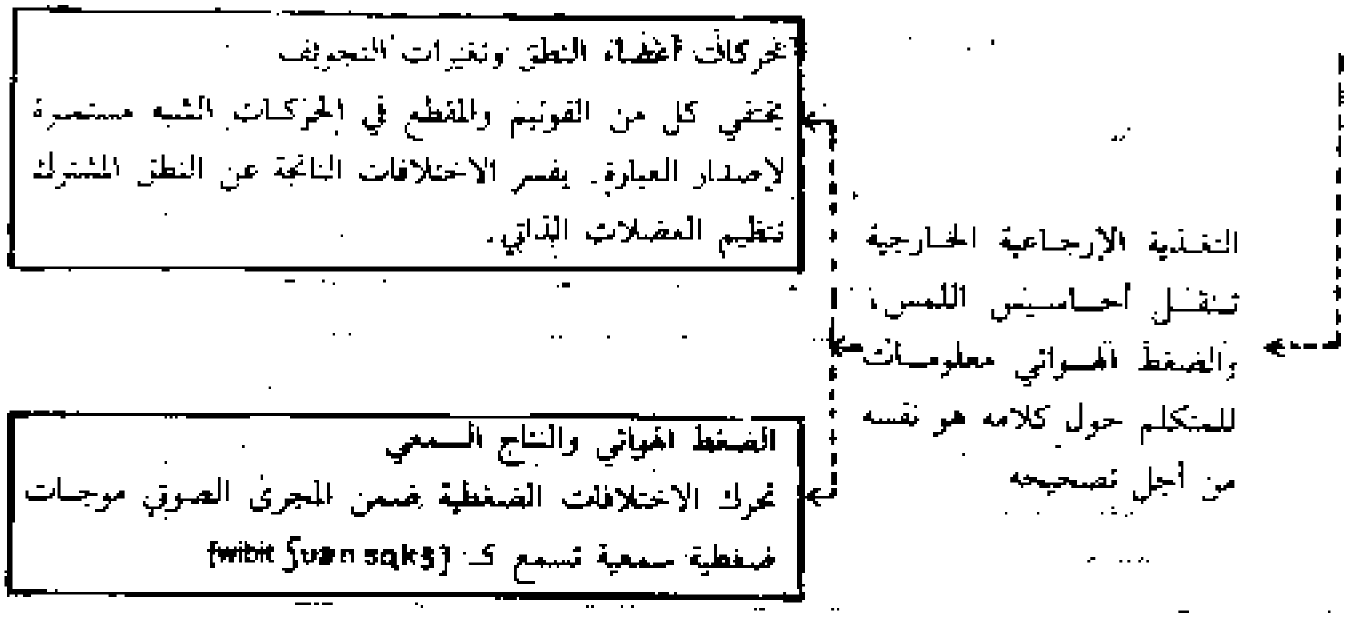
(4.107) الهدف الكلامي الأولي بوصفه تمثيلاً سمعياً إدراكياً لعبارة «نغلبكم في كرة القدم». إننا نعرف الصوت العام للعبارة التي تخطط لقولها. ويُمكن أن يكون هناك، في هذه المرحلة قبل الكلامية، حلقة نشاط داخلية عصبية بين المراكز العصبية القاعدية، والمخيخ والمخ في الدماغ تهيّء النظام من أجل المخرج الكلامي. ويمكن لمخطط إصدار العبارة الحركي أن يكون مجرداً وفي حالة مرنة مما يسمح لاختلافات وتغيرات في الإصدار الحقيقي. إن وصفاً تقريبياً للتغيرات في الآليات الكلامية يمكن أن يشكل المخطط. يمكن توضيح تغيرات المجرىٰ الصوتي العامة في اللفظ من تخزين عبر الضبط المخيخي للمناطق الحركية في المخ، ويمكن تغذية هذا التمثيل إلى الأمام بقطع بحجم المقطع على الأقل. يمكن أن تكون عملية تنظيم مجموعات عضلية معينة، كتلك العضلات التي تتعاون لتنظيم التردد الأساسي، ذاتيةً الإنتظام من خلال إستجابة تغذية المغزليات العضلية الإرجاعية. ونشير إلى كيفية إمكانية تداخل قطعتين عندما تنشّط خطة [tʃuən] المجموعات العضلية.

وليست المجموعات العضلية المتنظمة لإداء وظيفة معينة منسقة فيها بينها فحسب، بل إنها تنسق أيضاً مجموعات عضلية أخرىٰ متنظمة لاداء وظيفة أو مهمة مختلفة. يمكن جعل هذا التنسيق الاكبر ممكناً، على نحو أساسي، من خلال تغذية قبلية لتفاعلات ممارسة دقيقة ومحددة. إن حركات أعضاء النطق والتغيرات في أشكال التجويف مستمرة مما يسبب اضمحلال حدود الفونيم والمقطع كما نعرفها. إن اختلافات الحركة بسبب السياق أو بسبب اختلافات المكانة الأولية هي القاعدة وتنتج ذاتياً ضمن كل مجموعة عضلية. وكذا فإن اختلافات الضغط الهوائي والجدول السمعي الناتج ديناميكيان أيضاً نتيجة الطرق التي يتغيران فيها على محور الزمن. يمكن للتغذية الإرجاعية الخارجية لإحساسات التغذية الإرجاعية الموضعية والسمعية أن تكون متأخرة جداً كي تؤثر في الأنماط الحركية الثانوية لنشاط المجموعة العضلية، ولكنها تؤثر بالمخطط العام الأكبر. وبذلك يمكن تصحيح أي خطأ في المحاولة التالية (اللاحقة).

وهكذا، فإن هدف المتكلم هو إصدار الأصوات التي تناسب هدفاً سمعياً إدراكياً كي يفهمها نظام المستمع الإدراكي. دعنا نحاول، في الفصل اللاحق، مناقشة ذلك النظام الإدراكي والعمليات التي يمكن أن يحتويها الإستماع أو الإصغاء.

أنموذج لإصدار الكلام Model of Speech Production





الشكل 4.107: نموذج لإصدار الكلام (راجع النص لمزيد من التفصيل)

مراجع الفصل الرابع

BIBLIOGRAPHY

General Works on Speech Production

Dickson, D. R., and Maue, W. M., *Human Vocal Anatomy*. Springfield, Ill.: Charles C Thomas, 1970.

Harris, K. S., Physiological Aspects of Articulatory Behavior. In *Current Trends in Linguistics*, Vol. 12, No. 4, T. A. Sebeok (Ed.) The Hague: Mouton, 1974, pp. 2281–2302.

Lieberman, P., *Speech Physiology and Acoustic Phonetics: An Introduction*. New York: Macmillan, 1977.

MacNeilage, P., Speech Physiology. In *Speech and Cortical Functioning*. J. H. Gilbert (Ed.) New York: Academic Press, 1972, pp. 1–72.

Minifie, F., Hixon, T. J., and Williams, F. (Eds.), *Normal Aspects of Speech, Hearing, and Language*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1972.

Perkell, J. S., *Physiology of Speech Production: Results and Implications of a Quantitative Cineradiographic Study*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1969.

Van Riper, C., and Irwin, J. V., *Voice and Articulation*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall Inc., 1958.

Zemlin, W. R., *Speech and Hearing Sciences: Anatomy and Physiology*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall Inc., 1968.

Neurophysiology References

Broca, P., Remarques sur le siege de la faculté du langage articulé, suivies d'une observation d'aphémie (perte de la parole). *Bull. Soc. Anatom. Paris*, VI: 36, 1861, 330–357.

Eccles, J. C., *The Understanding of the Brain*. New York: McGraw-Hill, 1973.

Fromkin, V. A., Slips of the Tongue. *Sci. Am.* 229, 1973, 110–116.

MacKay, D. G., Spoonerisms: The Structure of Errors in the Serial Order of Speech. *Neuropsychologia* 8, 1970, 323–350.

Milner, B., Branch, C., and Rasmussen, T., Observations on Cerebral Dominance. In *Psychology Readings: Language*. R. C. Oldfield and J. C. Marshall (Eds.) Baltimore: Penguin Books, 1968. (Later figures given in present text from oral presentation by Milner at ASHA meeting, Las Vegas, 1974.)

Penfield, W., and Roberts, L., *Speech and Brain-Mechanisms*. Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1959.

Pribram, K. H., *Languages of the Brain*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1971.

Wada, J., and Rasmussen, T., Intracarotid Injection of Sodium Amytal for the Lateralization of Cerebral Speech Dominance: Experiments and Clinical Observations. *J. Neurosurg.* 17, 1960, 266–282.

Wernicke, C., Der Aphasische Symptomencomplex. Breslau: Max Cohn and Weigert, 1874.

Acoustiques Fondamentaux de la Voix Chantée. Thesis, University of Paris, 1950.

Müller, J., *The Physiology of the Senses, Voice, and Muscular Motion with the Mental Faculties*. Translated by W. Baly. London: Walton and Maberly, 1848.

Negus, V. E., *The Comparative Anatomy and Physiology of the Larynx*. New York: Hafner Publishing Co., 1962. (A rewriting of V. E. Negus, *The Mechanism of the Larynx*. London: William Heinemann Medical Books, Ltd., 1928.)

Shipp, T., Vertical Laryngeal Position during Continuous and Discrete Vocal Frequency Change. *J. Speech Hear. Res.* 18, 1975, 707–718.

Van den Berg, J., Myoelastic-Aerodynamic Theory of Voice Production. *J. Speech Hear. Res.* 1, 1958, 227–244.

Von Helmholtz, H., *Die Lehre der Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig: F. Vieweg und sohn, 1863.

Respiration References

Campbell, E., The Respiratory Muscles. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 155, 1968, 135–140.

Draper, M. H., Ladefoged, P., and Whitteridge, D., Respiratory Muscles in Speech. *J. Speech Hear. Res.* 2, 1959, 16–27.

Fenn, W. O., Mechanics of Respiration. *Am. J. Med.* 10, 1951, 77–91.

Hixon, T., Respiratory Function in Speech. In *Normal Aspects of Speech, Hearing, and Language.* F. D. Minifie, T. J. Hixon, and F. Williams (Eds.) Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1973.

Mead, J., Bouhuys, A., and Proctor, D. F., Mechanisms Generating Subglottic Pressure. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 155, 1968, 177–181.

Netsell, R., Subglottal and Intraoral Air Pressures during the Intervocalic Contrast of /t/ and /d/. *Phonetica* 20, 1969, 68–73.

Rahn, H., Otis, A. B., Chadwick, L. E., and Fenn, W. O., The Pressure-Volume Diagram of the Thorax and Lung. *Am. J. Physiol.* 146, 1946, 161–178.

Stetson, R., *Motor Phonetics.* Amsterdam: North-Holland, 1951.

Van den Berg, J., Direct and Indirect Determination of the Mean Subglottic Pressure. *Folia Phoniatr. (Basel)* 8, 1956, 1–24.

Phonation References

Atkinson, J. E., Correlation Analysis of the Physiological Factors Controlling Fundamental Voice Frequency. *J. Acoust. Soc. Am.* 63, 1978, 211–222.

Faaborg-Andersen, K., Electromyographic Investigation of Intrinsic Laryngeal Muscles in Humans. *Acta Physiol. Scand* 41, Suppl. 140, 1957, 1–149.

Hirose, H., and Gay, T., The Activity of the Intrinsic Laryngeal Muscles in Voicing Control. *Phonetica* 25, 1972, 140–164.

Husson, R., Étude des Phénomènes Physiologiques et

General References in Acoustics of Speech

Denes, P. B., and Pinson, E. N., *The Speech Chain.* New York: Doubleday, 1973.

Fant, G., *Acoustic Theory of Speech Production.* The Hague: Mouton, 1970.

Flanagan, J. L., *Speech Analysis, Synthesis, and Perception.* Berlin: Springer-Verlag, 1965.

Fry, D. B. (Ed.), *Acoustic Phonetics: A Course of Basic Readings.* New York: Cambridge University, 1976.

Lehiste, I. (Ed.), *Readings in Acoustic Phonetics.* Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1967.

Potter, R. K., Kopp, G. A., and Green, H. C., *Visible Speech.* New York: D. Van Nostrand Co., Inc., 1947.

Articulation and Resonance References

Bell-Berti, F., The Velopharyngeal Mechanism: An Electromyographic Study. *Haskins Laboratories Status Report (Suppl.).* New Haven, Conn.: Haskins Laboratories, 1973.

Bell-Berti, F., Control of Pharyngeal Cavity Size for English Voiced and Voiceless Stops. *J. Acoust. Soc. Am.* 57, 1975, 456–461.

Berti, F., and Hirose, H., Palatal Activity in Voicing Distinctions: A Simultaneous Fiberoptic and Electromyographic Study. *J. Phonetics.* 3, 1975, 69–74.

Chiba, T., and Kajiyama, M., *The Vowel: Its Nature and Structure.* Tokyo: Kaiseikan, 1941.

Crandall, I. B., Sounds of Speech. *Bell Syst. Tech. J.* 4, 1925, 586–626.

Fritzell, B., The Velopharyngeal Muscles in Speech: An Electromyographic and Cinefluorographic Study. *Acta Otolaryngolog. (Stockh.)* Suppl. 250, 1969.

Fujimura, O., Analysis of Nasal Consonants. *J. Acoust. Soc. Am.* 34, 1962, 1865–1875.

Heinz, J. M., and Stevens, K. N., On the Properties of Voiceless Fricative Consonants. *J. Acoust. Soc. Am.* 33, 1961, 589–596.

Holbrook, A., and Fairbanks, G., Diphthong Formants and their Movements. *J. Speech Hear. Res.* 5, 1962, 38–58.

Joos, M., Acoustic Phonetics. *Language*. Monograph 23 (Suppl. to Vol. 24), 1948.

Kuhn, G. M., On the Front Cavity Resonance and its Possible Role in Speech Perception. *J. Acoust. Soc. Am.* 58, 1975, 428–433.

Ladefoged, P., *A Course in Phonetics*. New York: Harcourt Brace Jovanovich, Inc., 1975.

Lisker, L., and Abramson, A. S., A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *Word* 20, 1964, 384–422.

Lubker, J. F., An Electromyographic-Cinefluorographic Investigation of Velar Function during Normal Speech Production. *Cleft Palate J.* 5, 1968, 1–18.

Moll, K., and Daniloff, R. G., Investigation of the Timing of Velar Movements during Speech. *J. Acoust. Soc. Am.* 50, 1971, 678–684.

Peterson, G. E., and Barney, H. L., Control Methods Used in a Study of the Identification of Vowels. *J. Acoust. Soc. Am.* 24, 1952, 175–184.

Peterson, G. E., and Lehiste, I., Duration of Syllable Nuclei in English. *J. Acoust. Soc. Am.* 32, 1960, 693–703.

Peterson, G. E., and Lehiste, I., Transitions, Glides, and Diphthongs. *J. Acoust. Soc. Am.* 33, 1961, 268–277.

Rayleigh, J. W. S., *Theory of Sound*. London: Macmillan, 1878.

Stevens, K. N., and House, A. S., An Acoustical Theory of Vowel Production and Some of its Implications. *J. Speech Hear. Res.* 4, 1961, 303–320.

Stevens, K. N., and House, A. S., Development of a Quantitative Description of Vowel Articulation. *J. Acoust. Soc. Am.* 27, 1955, 484–493.

Subtelny, J. D., Oya, N., and Subtelny, J. D., Cineradiographic Study of Sibilants. *Folia Phoniatr. (Basel)* 24, 1972, 30–50.

Uldall, E., Transitions in Fricative Noise. *Lang. Speech* 7, 1964, 13–15.

English Speech Sounds

Sound Influence References

Bell-Berti, F., and Harris, K. S., Some Aspects of Coarticulation. Paper presented at the International Congress of Phonetic Sciences, Leeds, England, Aug. 1975.

Borden, G. J., and Gay, T., Temporal Aspects of Articulatory Movements for /s/-Stop Clusters. *Phonetica* 36, 1979, 21–31.

Daniloff, R. G., and Hammarberg, R. E., On Defining Coarticulation. *J. Phonetics* 1, 1973, 239–248.

Daniloff, R. G., and Moll, K., Coarticulation of Lip-rounding. *J. Speech Hear. Res.* 11, 1968, 707–721.

Kent, R. D., and Minifie, F. D., Coarticulation in Recent Speech Production Models. *J. Phonetics* 5, 1977, 115–135.

Kozhevnikov, V. A., and Chistovich, L. A., *Rech artikulyatsiya i vospriyatie*. Moscow-Leningrad, 1965. Translated as *Speech: Articulation and Perception*. Springfield, Va.: Joint Publications Research Service, United States Department of Commerce, 1966.

Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. P., and Studdert-Kennedy, M., Perception of the Speech Code. *Psychol. Rev.* 74, 1967, 431–461.

Lindblom, B. E. F., Spectrographic Study of Vowel Reduction. *J. Acoust. Soc. Am.* 35, 1963, 1773–1781.

MacNeilage, P. F., Motor Control of Serial Ordering of Speech. *Psychol. Rev.* 77, 1970, 182–196.

MacNeilage, P. F., and De Clerk, J. L., On the Motor Control of Coarticulation in CVC Monosyllables. *J. Acoust. Soc. Am.* 45, 1969, 1217–1233.

Öhman, S. E. G., Coarticulation in VCV Utterances: Spectrographic Measurements. *J. Acoust. Soc. Am.* 39, 1966, 151–168.

Perkell, J. S., *Physiology of Speech Production: Results and Implications of a Quantitative Cineradiographic Study*. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, 1969.

Peterson, G. E., and Shoup, J. E., A Physiological Theory of Phonetics. *J. Speech Hear. Res.* 9, 1966, 5–67.

Suprasegmentals References

Fry, D. B., Prosodic Phenomena. In *Manual of Phonetics*. B. Malmberg (Ed.). Amsterdam: North-Holland, 1970.

Lehiste, I., *Suprasegmentals*. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, 1970.

Lieberman, P., *Intonation, Perception and Language*. Cambridge, Mass.: M.I.T. Press, 1967.

Feedback References

General

Borden, G. J., An Interpretation of Research on Feedback Interruption. *Brain Lang.* 7, 1979, 307–319.

Ringel, R. L., Oral Sensation and Perception: A Selective Review. *ASHA Rep.* 5, 1970, 188–206.

Wiener, N., Cybernetics. *Sci. Am.* 179, 1948, 14–19.

Weiner, N., *The Human Use of Human Beings*. 2nd Ed. Rev. Garden City, N.Y.: Doubleday, 1954.

Auditory Feedback

Black, J. W., The Effect of Delayed Side-Tone upon Vocal Rate and Intensity. *J. Speech Hear. Disord.* 16, 1951, 56–60.

Borden, G. J., Dorman, M. F., Freeman, F. J., and Raphael, L. J., Electromyographic Changes with Delayed Auditory Feedback of Speech. *J. Phonetics* 5, 1977, 1–8.

Fairbanks, G., and Guttman, N., Effects of Delayed Auditory Feedback upon Articulation. *J. Speech Hear. Res.* 1, 1958, 12–22.

Fairbanks, G., Selective Vocal Effects of Delayed Auditory Feedback. *J. Speech Hear. Disord.* 20, 1955, 333–348.

Garber, S. F., The Effects of Feedback Filtering on Nasality. Paper presented at ASHA convention. Houston, Nov., 1976.

Lane, H. L., Catania, A. C., and Stevens, S. S., Voice Level: Autophonic Scale, Perceived Loudness, and Effects of Side Tone. *J. Acoust. Soc. Am.* 33, 1961, 160–167.

Lane, H. L., and Tranel, B., The Lombard Sign and the Role of Hearing in Speech. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 677–709.

Lee, B. S., Effects of Delayed Speech Feedback. *J. Acoust. Soc. Am.* 22, 1950, 824–826.

Peters, R. W., The Effect of Changes in Side-Tone Delay and Level upon Rate of Oral Reading of Normal Speakers. *J. Speech Hear. Disord.* 19, 1954, 483–490.

Siegel, G. M., and Pick, H. L. Jr., Auditory Feedback in the Regulation of Voice. *J. Acoust. Soc. Am.* 56, 1974, 1618–1624.

Stromsta, C., Delays Associated with Certain Side-tone Pathways. *J. Acoust. Soc. Am.* 34, 1962, 392–396.

Von Békésy, G., The Structure of the Middle Ear and the Hearing of One's Own Voice by Bone Conduction. *J. Acoust. Soc. Am.* 21, 1949, 217–232.

Webster, R. L., and Dorman, M. F., Changes in Reliance on Auditory Feedback Cues as a Function of Oral Practice. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 307–311.

Yates, A. J., Delayed Auditory Feedback. *Psychol. Bull.* 60, 1963, 213–232.

Tactile Feedback

Borden, G. J., Harris, K. S., and Catena, L. Oral Feedback II. An Electromyographic Study of Speech under Nerve-Block Anesthesia. *J. Phonetics* 1, 1973, 297–308.

Borden, G. J., Harris, K. S., and Oliver, W., Oral Feedback I. Variability of the Effect of Nerve-Block Anesthesia upon Speech. *J. Phonetics* 1, 1973, 289–295.

Gammon, S. A., Smith, P. J., Daniloff, R. G., and Kim, C. W., Articulation and Stress/Juncture Production under Oral Anesthetization and Masking. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 271–282.

Hardcastle, W. J., Some Aspects of Speech Production under Controlled Conditions of Oral Anesthesia and Auditory Masking. *J. Phonetics* 3, 1975, 197–214.

Horii, Y., House, A. S., Li, K.-P. and Ringel, R. L., Acoustic Characteristics of Speech Produced without Oral Sensation. *J. Speech Hear. Res.* 16, 1973, 67–77.

Hutchinson, J. M., and Putnam, A. H. B., Aerodynamic Aspects of Sensory Deprived Speech. *J. Acoust. Soc. Am.* 56, 1974, 1612–1617.

Leanderson, R., and Persson, A., The Effect of Trigeminal Nerve Block on the Articulatory EMG Activity of Facial Muscles. *Acta Otolaryngol. (Stockh.)* 74, 1972, 271–278.

Locke, J. L., A Methodological Consideration in Kinesthetic Feedback Research. *J. Speech Hear. Res.* 11, 1968, 668–669.

Prosek, R. A., and House, A. S., Intraoral Air Pressure as a Feedback Cue in Consonant Production. *J. Speech Hear. Res.* 18, 1975, 133–147.

Putnam, A. H. B., and Ringel, R., A Cineradiographic Study of Articulation in Two Talkers with Temporarily Induced Oral Sensory Deprivation. *J. Speech Hear. Res.* 19, 1976, 247–266.

Putnam, A. H. B., and Ringel, R., Some Observations of Articulation during Labial Sensory Deprivation. *J. Speech Hear. Res.* 15, 1972, 529–542.

Scott, C. M., and Ringel, R. L., Articulation without Oral Sensory Control. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 804–818.

Proprioceptive Feedback References

Abbs, J., The Influence of the Gamma Motor System on Jaw Movements during Speech: A Theoretical Framework and Some Preliminary Observations. *J. Speech and Hear. Res.* 16, 1973, 175–200.

Bowman, J. P., *Muscle Spindles and Neural Control of the Tongue: Implications for Speech.* Springfield, Ill.: Charles C Thomas, 1971.

Cooper, S., Muscle Spindles and Other Muscle Receptors. In *The Structure and Function of Muscle,* Vol. I. G. H. Bourne (Ed.) New York: Academic Press, 1960, pp. 381–420.

Critchlow, V., and von Euler, C., Intercostal Muscle Spindle Activity and its Motor Control. *J. Physiol.* 168, 1963, 820–847.

Fitzgerald, M. J. T., and Law, M. E., The Peripheral Connexions between the Lingual and Hypoglossal Nerves. *J. Anat.* 92, 1958, 178–188.

Folkins, J. W., and Abbs, J. H., Lip and Jaw Motor Control during Speech: Responses to Resistive Loading of the Jaw. *J. Speech Hear. Res.* 18, 1975, 207–220.

Goodwin, G. M., and Luschei, E. S., Effects of Destroying the Spindle Afferents from the Jaw Muscles upon Mastication in Monkeys. *J. Neurophysiol.* 37, 1974, 967–981.

Goodwin, G. M., McCloskey, D. I., and Matthews, P. B. C., The Contribution of Muscle Afferents to Kinaesthesia Shown by Vibration Induced Illusions of Movement and by the Effects of Paralysing Joint Afferents. *Brain* 95, 1972, 705–748.

Hamlet, S. L., Speech Adaptation to Dental Appliances. Theoretical Considerations. *J. Baltimore Coll. Dent. Surg.* 28, 1973, 52–63.

Higgins, J. R., and Angel, R. W., Correction of Tracking Errors without Sensory Feedback. *J. Exper. Psychol.* 84, 1970, 412–416.

Ladefoged, P., and Fromkin, V. A., Experiments on Competence and Performance. *IEEE Trans. Audio Electroacoust.* March 1968, 130–136.

Matthews, P. B. C., Muscle Spindles and their Motor Control. *Physiol. Rev.* 44, 1964, 219–288.
Mott, F. M., and Sherrington, C. S., Experiments upon the Influence of Sensory Nerves upon Movement and Nutrition of the Limbs. *Proc. Roy. Soc. Lond. Biol.* 57, 1895, 481–488.
Smith, T. S., and Lee, C. Y., Peripheral Feedback Mechanisms in Speech Production Models? In *Proceedings of 7th International Congress of Phonetic Sciences*. A. Rigault and R. Charbonneau (Eds.) The Hague: Mouton, 1972, 1199–1202.
Taub, E., Ellman, S. J., and Berman, A. J., Deafferentation in Monkeys: Effect on Conditioned Grasp Response. Science. 151, 1966, 593–594.
Vallbo, Å. B., Muscle Spindle Response at the Onset of Isometric Voluntary Contractions in Man: Time Difference between Fusimotor and Skeletomotor Effects. J. Physiol. (Lond.) 218, 1971, 405–431.

Internal Feedback

Eccles, J. C., *The Understanding of the Brain*. New York: McGraw-Hill, 1973.
Evarts, E. V., Central Control of Movement. *Neurosci. Res. Program Bull.* 9, 1971.
Stelmach, G. E. (Ed.), *Motor Control*. The Hague: Mouton, 1976.

Models of Speech Production

Chomsky, N., and Halle, M., *The Sound Pattern of English*. New York: Harper & Row, 1968.
Fairbanks, G., A Theory of the Speech Mechanism as a Servosystem. *J. Speech Hear. Disord.* 19, 1954, 133–139.
Fant, G., Auditory Patterns of Speech. In *Models for the Perception of Speech and Visual Form*. W. Wathen-Dunn (Ed.) Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1967.
Hebb, D. O., *The Organization of Behavior*. New York: Wiley, 1949.
Henke, W., Dynamic Articulatory Model of Speech Production Using Computer Simulation. Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Mass., 1966.
Jakobson, R., Fant, C. G. M., and Halle, M., *Preliminaries to Speech Analysis*. Cambridge Mass.: M. I. T., Press, 1963. (Originally published in 1952 as Technical Report No. 13, Acoustics Laboratory, Massachusetts Institute of Technology).
Kozhevnikov, V. A., and Chistovich, L. A., *Rech: Artikulyatsiya i Vospriyatiye*, Moscow-Leningrad, 1965. Translated as *Speech: Articulation and Perception*. Springfield, Va.: United States Department of Commerce. Joint Publications Research Service Vol. 30, 1966.
Ladefoged, P., De Clerk, J., Lindau, M., and Papçun, G., An Auditory-Motor Theory of Speech Production. *UCLA Working Papers in Phonetics* Vol. 22, Los Angeles: UCLA, 1972, pp. 48–75.
Lashley, K. S., The Problem of Serial Order in Behavior. In *Cerebral Mechanisms in Behavior*. L. A. Jeffress (Ed.) New York: Wiley, 1951.
Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. P., and Studdert-Kennedy, M., Perception of the Speech Code. *Psychol. Rev.* 74, 1967, 431–461.
MacNeilage, P., Motor Control of Serial Ordering of Speech. *Psychol. Rev.* 77, 1970, 182–196.
Martin, J. G., Rhythmic (hierarchical) versus Serial Structure in Speech and Other Behavior. *Psychol. Rev.* 79, 1972, 487–509.
Nooteboom, S. G., The Target Theory of Speech Production. *IPO Annual Progress Report*. Vol. 5, Eindhoven, Netherlands: Institute for Perception Research, 1970, pp. 51–55.
Peterson, G. E., and Shoup, J. E., A Physiological Theory of Phonetics. *J. Speech Hear. Res.* 9, 1966, 5–67.
Peterson, G. E., and Shoup, J. E., The Elements of an Acoustic Phonetic Theory. *J. Speech Hear. Res.* 9, 1966, 68–99.
Stevens, K. N., The Quantal Nature of Speech: Evidence from Articulatory-Acoustic Data. In *Human Communication: A Unified View*. E. E. David and P. B. Denes (Eds.) New York: McGraw-Hill, 1972.
Stevens, K. N., and House, A. S., Speech Perception. In *Foundations of Modern Auditory Theory*. Vol. 2, J. V. Tobias (Ed.) New York: Academic Press, 1972.
Wathen-Dunn, W. (Ed.), *Models for the Perception of Speech and Visual Form*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1967.

الفصل الخامس

إدراك الكلام Speech perception

«إن الألمعيّ من يخترق الشكل، ويثب على الجدار، ويكتشف التشابه الجوهري بين الأشياء البعيدة ويختصر كل الأشياء بمبادىء معدودة»

«رالف والدو ايمرسن ، الألمعيّ» Ralph Waldo Emerson, Intellect, 1841

إن السبب الأساسي لأن يفهم بعضنا بعضاً، مع أن ثمة من يقول إننا لا نفلح في ذلك جيداً، هو ان العقل البشري قد تطور إلى باحث أنماط عجيب. إنه يتقبل المشاهد والأصوات والتراكيب المتنوعة، التي تبدو عشوائية، ويبحث عن صفات مشتركة بينها؛ ويقيم الروابط، ويوزعها على مجموعات. ووفقاً لهذا الإطار، فإننا جميعاً نفهم بالطريقة نفسها. وعندما يكلم أحدنا الآخر، يبدو أننا نستخلص جوهر الصوت والمعنى من الألفاظ المتنوعة في اللهجة، والمفردات وطبيعة الصوت.

وهناك، على أية حال، ازدواجية في فهمنا للمتكلمين الآخرين. فعلى الرغم من أننا نفتش عن القواسم المشتركة، نفرض أنفسنا على ما نفهم؛ يحدث الأمر تماماً كأسطورة العميان الذين يصفون فيلاً، إذ يفهم كل أعمى العالم على نحو مختلف قليلاً عن غيره بسبب تجربته الشخصية وتوقعاته، ولأنه لمس قسماً محدداً من الفيل يختلف عن ذلك الذي لمسه غيره. أما في فهمنا اتصالات الآخرين الكلامية، فإننا نميل إلى فرض وجهة نظرنا على الوسائل. إذ غالباً ما نعتقد أننا نسمع ما نتوقع أن نسمع. فلو غاب مقطع من الكلمة، فإن عقولنا تزودنا به، ونفشل في ملاحظة غيابه. وحتى الأصوات الكلامية تُسمع ضمن إطار لغتنا المعينة أو الخاصة، ومن ثم فإننا ان سمعنا لغة أقل ألفة بالنسبة إلينا تحكى، فإننا نحاول ملاءمة الأصوات التي معرفتنا إياها أقلّ

ضمن أصناف الأصوات الكلامية في لغتنا الخاصة. ولهذا السبب.. نجد أن الكبار الذين يحاولون تقليد لغة جديدة يتكلمون بلهجة معينة واضحة تحتفظ بأصناف لغتهم الكلامية الأم. ففي محاولة قول /tu/ في الفرنسية، يمكن لمتكلم انجليزي أن يقول /tu/ بدلاً من /ty/ غير مدرك حتى الاختلاف في صوائت الإنسان الفرنسي الذي يقول: «tu» /ty/ و /vu/vous.

ومع ذلك ندرك، عادة، ما الفيل بمعلومات قليلة من الأرضية المشتركة لتجاربنا التي نتفق أنها تمثل الفيل وفي الاتصالات الكلامية، رغم أننا نحتفظ بمنظورنا المعتمد على لغتنا الخاصة أو الفردية، نستقبل الإشارة السمعية نفسها التي تناظر الأصوات الكلامية المميزة في لغتنا. ويبدو أننا نتعلم هذه على الرغم من أن دلائل الأصوات الكلامية المنفردة السمعية تختلف وتتشابك على عبور الزمن. وسنقوم، في هذا الفصل بمناقشة إدراك الكلام ضمن شروط كيفية تصرفنا من حيث نحن مستمعون للغة الإنجليزية على نحو مشترك في أصوات اللغة الإنجليزية غير ناسين أننا نختلف عن متكلمي اللغات الأخرى، واننا نختلف إلى حد ما، فيما بيننا.

المستمع The listener

الاتصال عن طريق الكلام هو بث الأفكار والأحاسيس من عقل المتكلم إلى عقل المستمع. تُجسد الآراء والمفاهيم التي يود المتكلم التعبير عنها في إطار لغوي وتتخذ شكلاً سماعياً وفق العمليات «الفيزيولوجية» التي ناقشناها في الفصل السابق. يتابع هذا الفصل مناقشة ما أسماه دنيس (Denis) وبنشون (Pinson) «المنظومة الكلامية»[1]. وهي منظومة الحوادث من المتكلم إلى المستمع، ويسمع المستمع الإشارة الكلامية ويفسّر معناها. ومن الواضح جداً أن هذه الحوادث مترابطة، لكننا سنناقشها منفصلة. سنناقش السمع أولاً. وهو عملية تسجيل الأصوات في دماغ المستمع، أما إدراك الكلام، وهو عملية تحليل (فك رموز) الرسالة من التيار الصوتي القادم من المتكلم، فسيشكل الموضوع الرئيس لهذا الفصل.

يمكننا أن نفهم الفرق بين سماع الكلام وإدراكه عندما نقارن تأثيرات الصّمم بتأثيرات الحبسة المتنامية. فعندما يولد طفل أصمّ، أو عصيّ السمع فإن صعوبة تعلم

(١) المنظومة الكلامية، ترجمة د. محيي الدين حميدي، منشورات معهد الانماء، 1991

اللغة هنا تعتمد على عدم قيام الآلية السمعية الثانوية بوظيفتها على النحو المطلوب. أما إن استطاع الطفل سماع الكلام، فيمكنه تعلّم تفسيره. وإما إن ولد الطفل مصاباً بخلل دماغي يتدخل مباشرة بإدراك الكلام، فإن الطفل يسمع على نحو عادي لكنه يكون عاجزاً عن تفسير الأصوات في أية طريقة مفيدة لغوياً. وعلى الرغم من وجود عدة أعراض مختلفة يطلق عليها مصطلح مثل: «الحبسة المتنامية» فإنه توجد صعوبة مشتركة يبدو أنها لا تكمن في العمليات السمعية نفسها، بل في العمليات التي تفضي الى التحديد والتميز بين الأصوات الكلامية.

يستخدم المستمعون أشياء أخرى غير المعلومات السمعية عندما يستقبلون رسالة محكية. إذ يستخدمون معرفتهم بالمتكلم وحاله بالإضافة إلى دلالات بصرية يحصلون عليها من مراقبة وجهه وسماته. وهذه الدلالات غير السمعية المستخدمة في إدراك الكلام مهمة لكنها تقع خارج نطاق الدراسة التي تتصل، عادة، بعلم الكلام كما عرفّناه. أما في هذا الفصل فسنقتصر على مناقشة ما هو معروف، وما يدور في فلك إدراك الكلام بوصفه مسألة تتضمن استخلاص الأصوات الكلامية من المعلومات السمعية. ويعني هذا الاقتصار أننا سنتجاهل، على نطاق واسع، مجالات أخرى هامة من البحث والاستقصاء، منها: العمليات التي يصل من خلالها المستمعون إلى المعنى من خلال التحليلات الدلالية (المعنى) والنحوية (التركيب) التي يجرونها على الرسالة (الكلام).

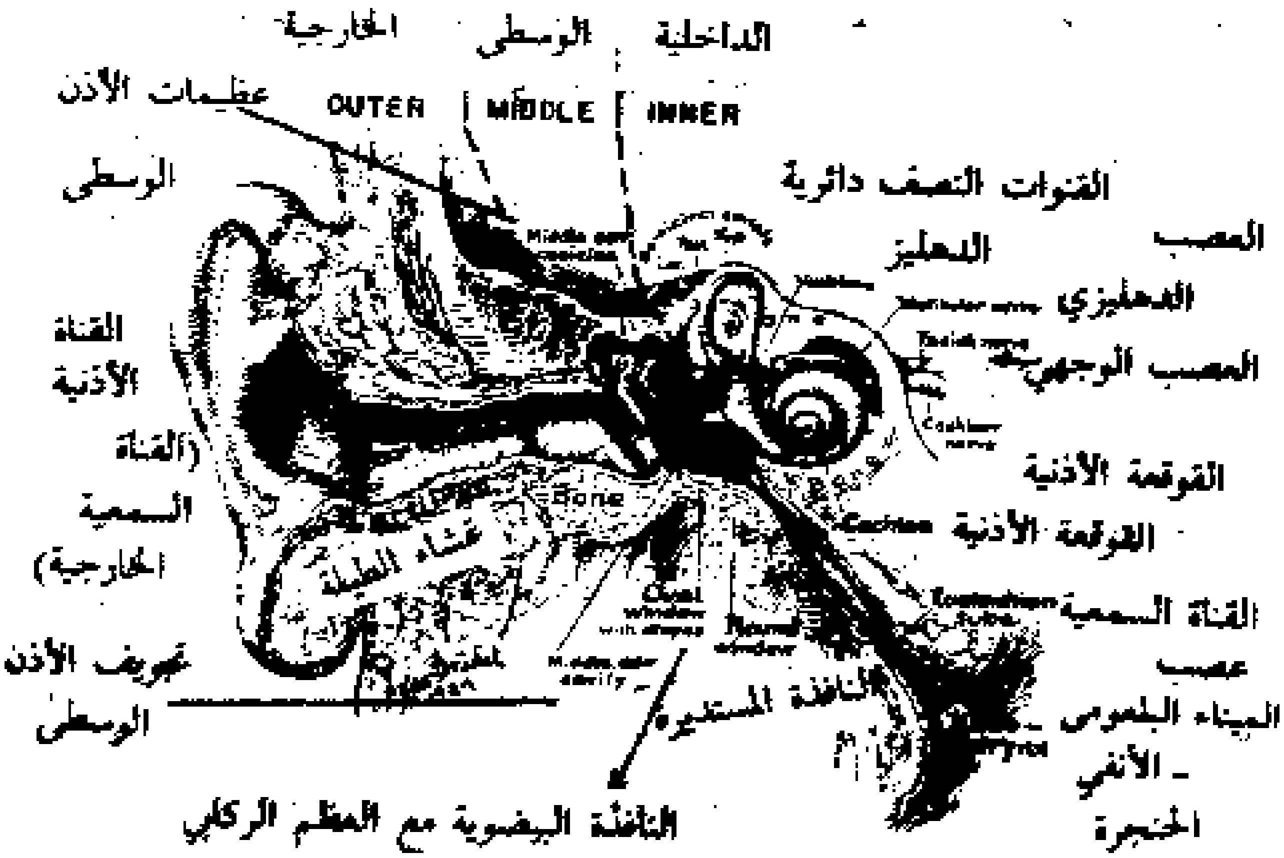
ينتبه المستمعون، عادة، إلى معنى الكلام فحسب، ولا يكترثون بمكونات الرسالة الأخرى. ومثلما أن الإنسان الذي يرى كلباً يمر بجانبه يدرك كلباً، لا تياراً متغيراً من الضوء، يكون الإنسان الذي يدرك الكلام واعياً لمعنى الرسالة لا للأصوات المنفردة أو الأنماط الصوتية التي تؤلفها. ويبدو أن المعلومات اللغوية تخزن من خلال المعنى أو الصور. فعلى سبيل المثال، وجد بارتليت (Bartleh) أن الناس الذين اختبروا، مراراً وتكراراً، بشأن القصص الخرافية التي قرؤوها، غالباً ما استخدموا كلمات مختلفة عن تلك الموجودة في الأصل، إلا إنهم تذكروا الفكرة الرئيسة للقصة وصورها الأساسية.

ومهما بذل المستمعون من جهد في التفتيش على المعاني، فإن حصولهم عليها ينبغي أن يتمّ من خلال أنماط الكلام الصوتية. سنركز على التحليلات السمعية والصوتية والفونيمية التي يعتقد أنها تشكل أساس قرارات لغوية أبعد. ولا يبدو ممكناً، على أية حال، أن المستمع سيأخذ المعلومات السمعية ويصعد السلم ليتخذ قرارات صوتية، ثم فونيمية ثم مورفولوجية وأخيراً نحوية كي يصل إلى معنى الرسالة. والأكثر احتمالاً أن المستمع يعمل معتمداً على توقعات معينة حول ما يمكن أن يقول المتكلم ـ يسمع أجزاء من الرسالة، ويجري تحليلاً عاماً ويقفز ليركّب الرسالة على هيئة شيء ذي معنى، ويتأكد من صحته، في الوقت نفسه، وفق كافة المستويات التي ذكرت آنفاً.

ومهما تكن الطريقة التي يحلّل المستمعون بها الرسالة، فإن المادة البحثية التي يعملون عليها هي أنماط الكلام السمعية. وهكذا فإن أول شيء يفعله المستمعون هو سماع الكلام. وقد تقع طبيعة آلية السمع نفسها خارج الميدان الأساسي لهذا الكتاب. ولذلك فإننا سنقول بضع كلمات فحسب حول الاستقبال الثانوي للكلام، لأن النظام السمعي نفسه يفرض بعض التغيرات المحددة على الأصوات الكلامية.

السمع — Hearing

تحلّل آلية السمع الإنساني الصوت وفق تغيرات التردد والشدة على محور الزمن. ومن حيث أنّ الأذن جهاز استقبال فإنها لا تجاري العين في درجة حساسيتها، لكنها تبدو مستجيبة، على نحو ملحوظ للأصوات التي يصدرها الإنسان أي: الأصوات الكلامية. ولا تتغير سمة هذه الأصوات فحسب، بل تتغير طريقة بثها عندما تنطلق من الأذن الخارجية، فالوسطى، فالقوقعة الأذنية فالعصب السمعي نحو الدماغ. يوضح الشكل (5.1) هذه الأجزاء من الميكانيكية.



الشكل 5.1: رسم للأذن الخارجية، والوسطى والداخلية يعتمد على مقطع أمامي للرأس.

وكما نعلم من الفصل الثالث، فإن الموجات الضغطية هي، عادة، اضطرابات هوائية، وهكذا تستمر في الأذن الخارجية، أما في الأذن الوسطى فإنها تتحول من موجات ضغطية إلى اهتزازات آلية عبر سلسلة من العظيمات الصغيرة تفضي هي نفسها إلى قوقعة الأذن الداخلية. وتتحول هذه الاهتزازات مرة أخرى في القوقعة الأذنية، وهي تجويف حلزوني الشكل يقع ضمن العظم الصدغي من الجمجمة. وفي هذه المرة يكون التحول من اهتزازات آلية إلى اهتزازات في السائل تبعاً لأن القوقعة الأذنية مليئة بسائل. وأخيراً، تتصرف نهايات القوقعة الأذنية العصبية محوّلة الاهتزازات «الهيدروليكية» إلى تغيرات كيميائية ترسل إلى الدماغ على شكل نبضات عصبية.

The Outer Ear — الأذن الخارجية

تتألف الأذن الخارجية من قسمين: القسم الخارجي يمكنك رؤيته ملفاً ويسمى الصوان، والقناة الأذنية وتسمى «القناة السمعية الخارجية» وتصل بين الصوان وغشاء

الطبلة. وتوصف قناة الأذن الخارجية بـ «الخارجية» كي تميّز عن القناة السمعية الداخلية التي تخرج من الأذن الداخلية في العظم الصدغي إلى الدماغ. ويحوّر الصوان الأصوات نسبياً لكونه يستقبل الأصوات القادمة من أمام الرأس أكثر من تلك القادمة من الخلف، وهناك وظيفة أخرى للصّوان، وهي حماية مدخل القناة وخاصة نتوء الصوان الصغير الذي يقع فوق مدخل القناة ويسمىٰ الوتدة. وإحدىٰ وسائل تقليل الشدة في صوت صاخب هي ضغط الوتدة نحو مدخل القناة السمعية بإصبعك.

تحمي القناة السمعية الخارجية أجزاء الأذن الأكثر حساسية من الصدمات أو الأذى ومن تطفل الأشياء الغريبة؛ وتفرز مادة شمعية داخل القناة تسمىٰ الصملاخ، وتساعدها الشعيرات المصطفة في القناة في تصفية الغبار والحشرات الطائرة التي ربما دخلت القناة. ويقوم بعض الناس بتنظيف الصملاخ باستمرار، لكنهم يحرمون أنفسهم من حمايتهم الطبيعية، فلو علق شيء ما في القناة، أو تصلّد الصّملاخ، فإنه يجب عندئذ إزالته عند أخصائي في طب الأذن والأنف والحنجرة.

وبالإضافة إلى أنها تفرض حماية لأجزاء الأذن الأكثر أهمية وحساسية، فإن القناة الأذنية الخارجية تقوم بدعم الترددات العالية في الأصوات التي تستقبلها. والقناة تجويف مليء بالهواء مفتوح من أحد طرفيه، ولذلك فإنها تعمل بوصفها مرناناً رباعي الدرجة. وسيكون لأذن رنين موجة مقدار طولها أربعة أمثال طول الأنبوب، وستكون الترددات الأعلىٰ هي المضاعفات الفردية للتردد الأدنى. وهكذا نجد أن الرنين الأول لقناة طولها 2,5 سم هو حوالي3440 هرتز

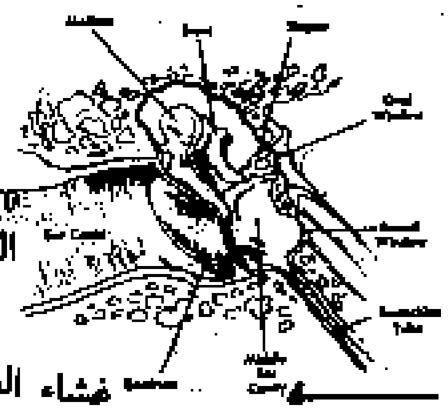
$$\text{التردد} = \frac{\text{سرعة الصوت}}{4 \times (\text{الطول})} = \frac{34,400}{10} = 3,440 \text{ هرتز}$$

ربما كانت القناة الأذنية عند الطفل والمرأة أقصر من 2,5 سم، ومن ثمّ فإنها سترن بترددات أعلىٰ. إن تأكيد الترددات العليا التي تزودنا به الأذن الخارجية هام في إدراك الكلام لأن القسم الأكبر من القدرة الصوتية التي تساعد في تمييز الاحتكاكيات إنما يقع في الطبقات الترددية فوق 2000 هرتز.

قبل أن تدع الأذن الخارجية، سل نفسك لماذا نمتلك أذنين على جانبي رؤوسنا. ولنعكس السؤال: ماذا يحدث عندما يكون هناك فقدان للسمع في إحدى الأذنين مثل حالة التهاب الغدة النكفية في سن المراهقة؟ إن الأذن الجيدة تسمع على نحو جيد تماماً، ولذلك لن يكون هناك سوى فقدان بسيط للغاية في درجة حدة السمع في الوسط العادي، أما أحاديث المحافل الكبيرة فتغدو صعبة المتابعة، حيث يعاق تحديد موقع الصوت. على نحو عادي، يساعدنا وجود أذن في كل جانب من الرأس في تحديد مصدر الصوت. وفي غرفة اجتماعات تصدر فيها الأصوات من كل صوب، يمكن للإنسان الذي يسمع بأذن واحدة فحسب أن ينظر إلى الاتجاه الخاطىء وهو يبحث عن موقع المتكلم.

الأذن الوسطى The Middle Ear

يفصل غشاء الطبلة الأذن الخارجية عن تجويف الأذن الوسطى المليء بالهواء ويسمى في علم التشريح بالغشاء الطبلي، انظر الشكل(5.2) :



الشكل 5.2: مخطط لمقطع عرضاني للأذن الوسطى والعظيمات الأذنية.

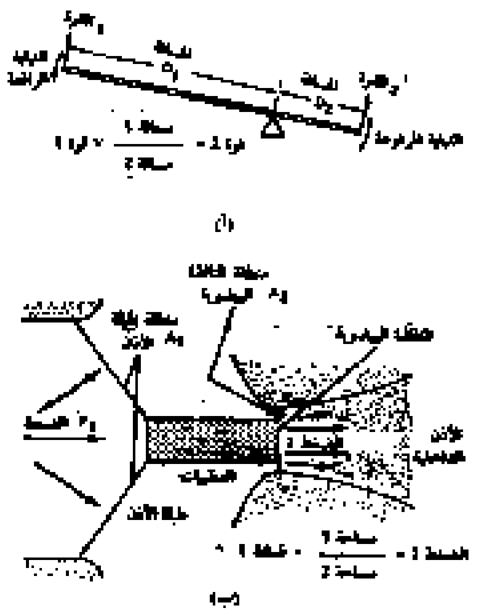
والغشاء الطبلي مقعرٌ قليلاً كما يرى من الأذن الخارجية ويستجيب لتغيرات الضغط الضئيلة عبر نطاق واسع من الترددات. ويمكن تغير درجة شدة غشاء الطبلة بوساطة عضلة تسمى «العضلة الطبلية الشادة» التي تسحب نصاب أو قبضة .

عظم صغير تتصل بداخل الغشاء. يسمى هـذا العظم بـ «عـظم المطرقـة»، ويهتز الغشاء الطبلي بكامله أثناء الترددات المنخفضة، أما في الترددات المرتفعة، فإن مناطق مختلفة منه تستجيب لنطاقات ترددية مختلفة؛ وتقع سلسلة العظيمات الصغيـرة على وجه الغشاء الطبلي الداخلي، وهي ثلاثة عظيمات صغيرة مترابطة وتسمى «العظيمات الأذنية». ويتصل عظم المطرقة الآنف الذكر بالغشاء الطبلي، ويعمل عظم السندان نقطة ارتكاز بين العظمين الآخرين، ويتصل العظم الركابي بالنافذة البيضوية الغشائية التي تقود إلى الأذن الداخلية. وهكذا، فإننا نرى أن سلسلة العظيمات الأذنية تملأ الفراغ بين الغشاء الطبلي وقوقعة الأذن الداخلية. وسلسلة العظيمات الأذنية معلّقة في تجويف الأذن الوسطى المليء بالهواء بوساطة رباطات، وتحتفظ بتلك الوضعية الحساسة بغض النظر عن الوضعية التي يتخذها الجسم، وتبقى حرة في التـذبذب استجـابة للصوت. تأخذ الاهتزازات في الأذن الخارجية شكل اضطرابات في جسيمات الهواء، لكنها تأخذ شكل اهتزازات آلية للعظيمات الأذنية في الأذن الوسـطى. ويستجيب الغشاء الطبلي مع العظيمات الأذنية، خاصة للترددات الموجودة في الإشارة السمعية الهامة في الكلام.

ولماذا الأذن الوسطى؟ لماذا لا تكون قوقعة الأذن الداخلية المليئة بالسائل على طرف الغشاء الطبلي الثاني؟ المشكلة هي تزاوج غيـر مناسب في درجـة المعاوقـة أو المقاومة. والمعاوقة هي قوة تقررها سمات الوسط الناقل نفسه (الغـاز، السـائـل أو الصلب). وهي مقياس مقاومة الوسط لنقل الإشارات. فالسوائل تعرض درجة إعاقة أو مقاومة أكبر للضغط الصوتي من تلك التي تعرضها الغـازات. وعندمـا تصطدم موجات ضغطية هوائية منطلقة في الهواء بسائل على نحو مفاجىء، يرتدّ معظم القدرة الصوتية إلى الخلف، ولا يسمح إلا لقدرة بسيطة بالدخول إلى السـائـل. والقوقعة الأذنية مليئة بالسائل، ومن أجل التغلب على الاختلاف في درجة المعاوقة بين الهواء والسائل، نحتاج إلى محوّل يزيد الضغط الصوتي، ومن ثم يُسمح لقسم أكبـر منه بالدخول إلى السـائل. وتنفذ الأذن الوسطى وظيفة هذا المحول.

تضاعف الأذن الوسطى الضغط الصوتي حوالي ثلاثين ديسبلاً. ولا تستطيع العظيمات الأذنية وحدها أن تحدث مثل ذلك التضخيم الكبير في الإشارة على الرغم

من أنها تقوم بعمل رافعة تزيد ضغط لصوت القادم حوالي خمسة ديسبلات. انظر الشكل (503) .



الشكل 5.3 : يظهر القسم (a) من الشكل مبدأ الرافعة في العظيمات الأذنية. بينما يظهر القسم (b) تأثير الاختلاف في المساحة بين الغشاء الطبلي والنافذة البيضوية.

والرافعة هي القوة التي يستخدمها المزارعون منذ الأزل لنزع صخرة ثقيلة من الحقل. يوضع عمود فوق نقطة الارتكاز بحيث يصبح قسمه الأقصر تحت الشيء الثقيل، وقسمه الأطول على طرف نقطة الارتكاز الثاني؛ ويحدث المزارع ضغطاً على النهاية الطويلة من العمود. وينتج عن تعامل نقطة الارتكاز مع المزارع ضغط متزايد تحت الصخرة المراد نزعها. وبالطريقة نفسها تقريباً ينقل الضغط المطبق على عظيم المطرقة الطويل نسبياً إلى المظم الركابي الأصغر كثيراً بوساطة عظم السندان.

تضيف عملية الرافعة المطبقة على طول العظيمات الأذنية بعض الضغط للتغلب على عدم التوافق في درجة المعاوقة، لكن القسم الأكبر من زيادة الضغط يأتي من تصميم الغشاء الطبلي المتصل بالنافذة البيضوية. إن مساحة الغشاء الطبلي تساوي 0/85 سم^2، ومعلوم أنّ 0/55 سم^2 من تلك المساحة فحسب نشيط أو فعّال أثناء الذبذبة. وعندما تركز قوة مطبقة على مساحة كبيرة على مساحة أصغر تحدث زيادة في الضغط. والضغط

هو القوة مقسمة على المساحة، ولو كان لزاماً نشر قوة على مساحة كبيرة، لكان الضغط في أية نقطة أقل منه مما لو وزعت القوة نفسها على مساحة أصغر. وقياساً على ذلك لو سقط زميلك على جليد متجمد، فالنصيحة الصحيحة هي أن تبسط وزنك فوق مساحة واسعة في محاولة الوصول إليه؛ ربما من خلال الاستلقاء منبسطاً، أو بشكل أفضل من خلال توزيع جسمك فوق مساحة أكبر، أو من خلال الزحف على طول سلّم. وهكذا تكون أنت نفسك أقل تعرضاً للخطر من السقوط في الجليد. وسيكون الضغط، في أية نقطة، أقل بكثير مما لو حاولت السير على قدميك باتجاه صديقك. وهكذا عندما تطبق الاهتزازات الصوتية الحاصلة فوق المنطقة الاهتزازية الحساسة من الغشاء الطبلي التي تقدر بحوالي 0/55 سم^2 من العظم الركابي باتجاه المنطقة المقدرة بحوالي 0/03 سم^2 من النافذة البيضوية، فإن ذلك يحدث زيادة في الضغط تقدر بحوالي خمسة وعشرين ديسبلاً تقريباً. وهكذا تجد أن التوافق في درجة المعاوقة في الأذن الوسطى قد أحدث من خلال الفرق في المساحة بين الغشاء الطبلي والنافذة البيضوية، الذي يقوي الإشارة بحوالي خمسة وعشرين ديسبلاً، ومن خلال الرافعة التي يزودنا بها تصميم العظيمات الأذنية الذي يضيف عدة ديسبلات أخرى. تتغلب هاتان العمليتان على الضياع الذي تسببه اختلافات درجة المعاوقة.

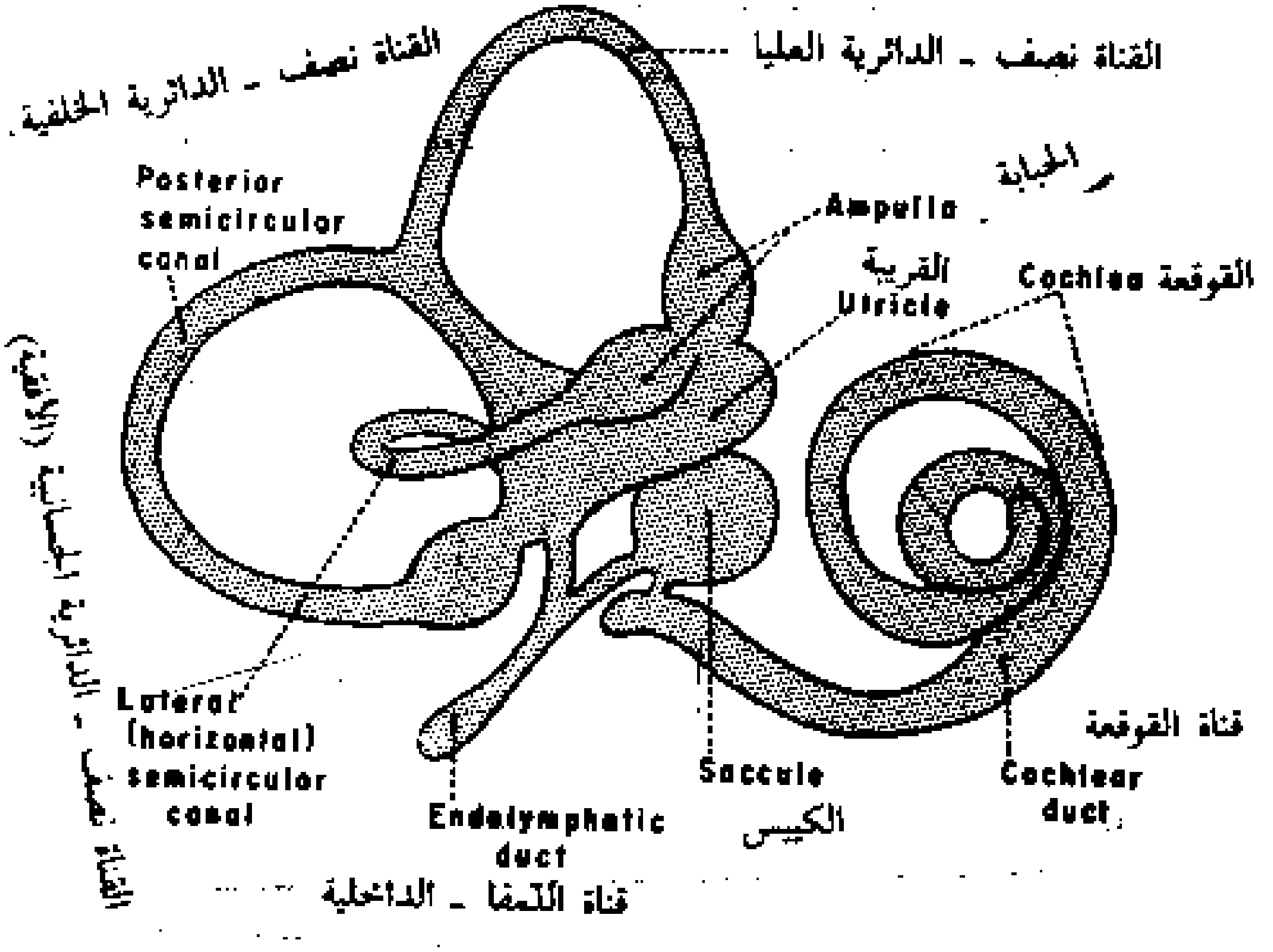
وبالإضافة إلى الوظيفة الهامة في التوافق في درجة الإعاقة بين الهواء وسائل القوقعة الأذنية، فإن آلية الأذن الوسطى تقوم بوظيفتين هامتين أخريين. الأولى: إنها تضعف الأصوات الصاخبة من خلال فعل المنعكس الصوتي والثانية: إنها تعمل، من خلال القناة السمعية، على الحفاظ على ضغط هوائي متساوٍ على جانبي طبلة الأذن على الرغم من أية تغيرات في الضغط الجوي.

ويظهر المنعكس الصوتي للعيان عندما يصل صوت يبلغ مستواه الضغطي 85 أو 90 ديسبلاً إلى الأذن الوسطى، ينتج عن ذلك انقباض أصغر عضلة في الجسم البشري وهي «العضلة الركابية» في عنق أصغر عظم في الجسم البشري وهو «العظم الركابي». هناك نظريتان لتفسير هذا المنعكس الصوتي تقول الأولى: إنه ابتغاء حماية الأذن الداخلية من الأصوات العالية نفترض أن انقباض العضلة الركابية يجر العظم الركابي إلى طرف واحد مما يؤدي إلى تغير زاوية الاهتزاز في النافذة البيضوية، من ثم يحرف قسم من الضغط. أما النظرية الثانية فتقول: إن العضلة

الركابية مع عضلة المجس الطبلية تتصرفان كي تشدا سلسلة العظيمات الأذنية بقوة، ومن ثم تنتظم تغيرات الشدة تماماً مثلما تتكيف العين مع تغيرات الضوء. وفي أيّ من الحالين تحتاج العضلة الركابية إلى ميلي-ثانية كي تتحرك مما يسمح للأصوات ذات البداية المفاجئة بالنفاذ إلى الأذن الداخلية قبل أن يحدث المنعكس الصوتي. وعلى غرار بقية عضلات الجسم أيضاً تتعب العضلة الركابية في نهاية المطاف. ولذلك نجد أن تضعيف (تخفيت) المنعكس الصوتي للصوت في المحيط الصاخب يقلّ تدريجياً، مما يسمح لتأثير الضغط الصوتي الكامل بالارتطام بالأذن الداخلية. يعصب العصب الوجهي (القحفي السابع) العضلة الركابية، لكنها متصلة على نحو ما بتعصيب الحنجرة (القحفي التاسع) لأن الجهر ينشط المنعكس الصوتي. ومن المثير أيضاً أن المنعكس الصوتي يضعف الترددات التي هي دون كيلو هرتز واحد بحوالي عشرة ديسبلات، وكذلك فإن طاقة الصوت البشري الطبيعية هي دون كيلو هرتز واحد بكثير. ويمكن للمنعكس الصوتي أن يمنعنا من سماع أنفسنا على نحو صاخب جداً لأنه لا يمكننا سماع أصواتنا من خلال الصوت الواصل عن طريق الهواء من خلال أذننا فحسب، بل من خلال الصوت الواصل عن طريق العظم أيضاً عندما تهتز عظام جماجمنا ووجوهنا استجابة لأصواتنا نفسها.

ووظيفة أخرى للأذن الوسطى هي معادلة الضغط داخل الأذن الوسطى وخارجها. ويحقق ذلك من خلال القناة السمعية التي تصل بين الأذن الوسطى والمنطقة الأنفية البلعومية (البلعوم الأنفي). إن طبلة الأذن لا تهتز جيداً إذا كان ضغط الأذن الوسطى يختلف عن ذاك الذي في قناة الأذن الخارجية. ويندفع الضغط المرتفع نسبياً في الأذن الوسطى نحو الغشاء الطبلي مما يسبب في عدم الراحة ويضعف الأصوات الخارجية. ويمكن لقيادتنا السيارة في جبال مرتفعة، أو أن تنخفض بنا طائرة، أن يسبب هذا الاختلاف في الضغط إن عجزت القناة السمعية، التي تكون مغلقة عادة، عن الانفتاح حيث ينخفض ضغط الهواء الخارجي على نحو مفاجىء، بينما يبقى الضغط الموجود في تجويف لأذن الوسطى (وهو مساوٍ لما عليه الضغط حين يكون المرء عند مستوى سطح البحر) عالياً نسبياً. يسهّل البلع والتثاؤب والعلك فتح القناة السمعية، وهذا مبعث قيام مضيفي خطوط الطيران بتوزيع علكات للمسافرين في لحظة الإقلاع.

يوجد في عظم الجمجمة الصدغي عدة أنفاق ملفوفة الشكل مليئة بسائل يدعى لف الأذن. ويشبه هذا السائل ماء البحر في العديد من صفاته. وتطفو في هذا السائل أنابيب ملفوفة مصنوعة من غشاء ومليئة بسائل أكثر لزوجة يسمى باللمفا الداخلية. يصور الشكل (5.4) تيه الأذن الداخلية الغشائي.

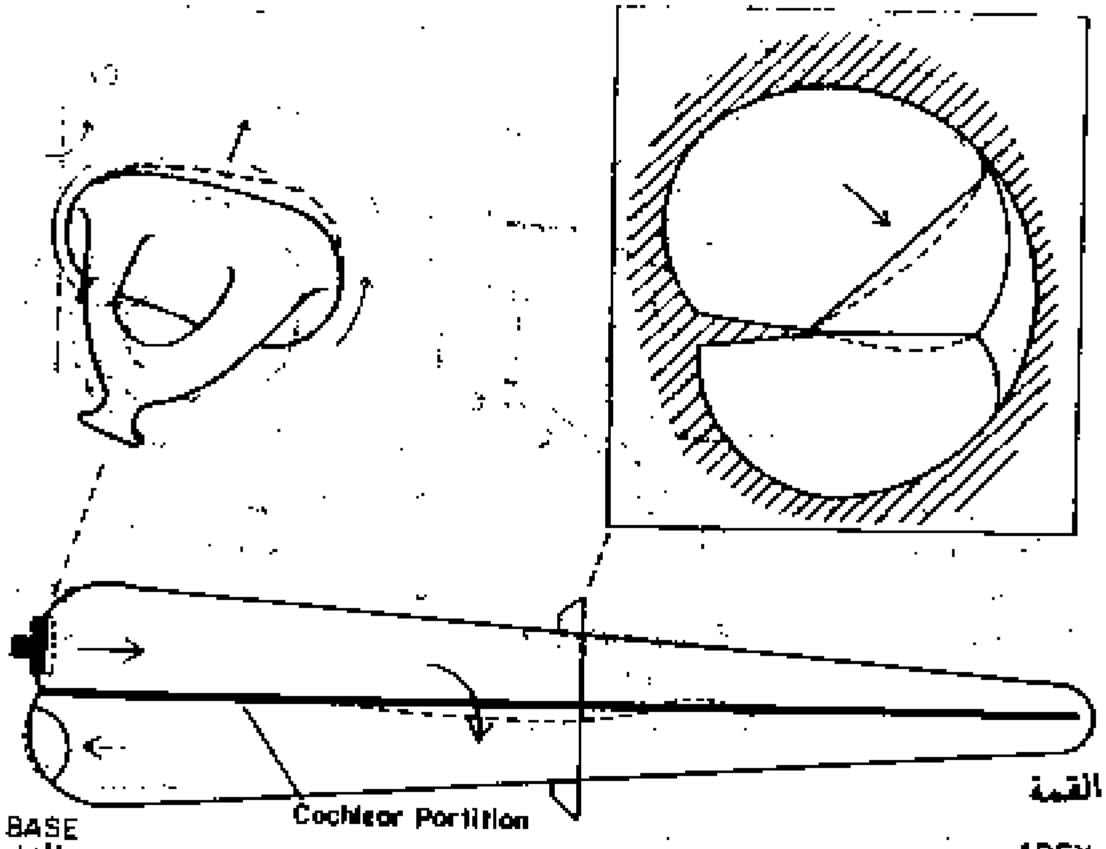


الشكل 5.4 مخطط بياني يمثل أقسام تيه الأذن الداخلية الغشائية.

إن اللفافية الحلزونية الشكل هي السلم المتوسط، وتحتوي على مستقبلات حس السمع، والنظام الثلاثي اللغات. وهو النظام الدهليزي، المؤلف من قنوات نصف دائرية حيث يحتوي بالإضافة إلى الدهليز (القربية والكييس) الذي يصل بينهما، على أعضاء تحسس بتغيرات موقع الجسم وحركته.

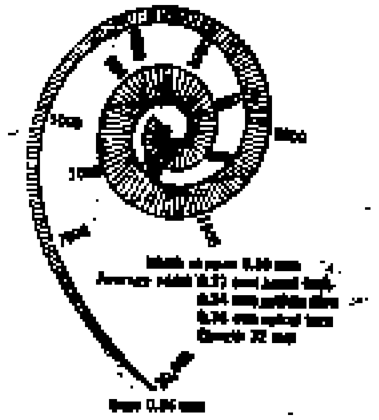
سيقتصر وصفنا على قوقعة الأذن الداخلية لأن السمع هو الخطوة الأولى في إدراك الكلام. وعندما يهتز صحن العظم الركابي في النافذة البيضوية تحدث اهتزازاته اضطرابات في لف الأذن الداخلية. تحدث هذه الموجات الضغطية في لف الأذن المحيط بالسلم المتوسط الحلزوني الشكل اهتزازات في القناة نفسها. وتلك الاهتزازات الحاصلة في قاعدة القناة التي تسمى بـ «التيه الغشائي» ذات أهمية خاصة.

وقوقعة الأذن عند الإنسان تجويف داخل عظم يلف حول لبّ عظمي ثلاث مرات تقريباً، ويتصل المجرى الغشائي أو السلم المتوسط من الداخل بداخل اللب العظمي ويربطه رباط أو وشاح بالجدار العظمي من الخارج. وربما كان من الأسهل تخيلها لو تصورنا فجوات القوقعة الأذنية منبسطة (غير ملتفة) كما في الشكل (5.5).



الشكل 5.5: يظهر القسم السفلي من الشكل القوقعة الأذنية منبسطة، بينما يظهر القسم العلوي اليمنى مقطعاً عرضانياً. يقوم العظم الركابي، في الزاوية العليا اليسرى، بضرب النافذة البيضوية مما يؤدي إلى إزاحة خط تقسيم القوقعة والغشاء القاعدي خاصة.

تحول الاختلافات الضغطية المطبقة عند العظم الركابي الذي يهتز في النافذة البيضوية إلى اختلافات ضغطية ضمن سوائل القوقعة الأذنية التي تقود هي نفسها إلى إزاحات مختلفة في الغشاء القاعدي. ويتمثل جمال الاتساق في أن أقساماً مختلفة من الغشاء القاعدي تستجيب لترددات مختلفة. والغشاء ضيق وقاس في قاعدته، ويصبح أكثر عرضاً ومرونة عند قمته (عكس ما يمكن أن يتوقعه المرء). ونتيجة لذلك، تصدر الأصوات ذات الترددات المنخفضة موجات تنطلق في السائل الذي يدفع الغشاء القاعدي لأن يهتز بأعلى سعات الإزاحة في القسم الأوسع والأكثر رخاوة. ومن الناحية الأخرى، تسبب الأصوات ذات الترددات العالية موجات ضغطية تكون أعلى سعات لإزاحة فيها في القسم الأنحف والأقسى من قاعدة الغشاء القاعدي، الشكل (5.6) :



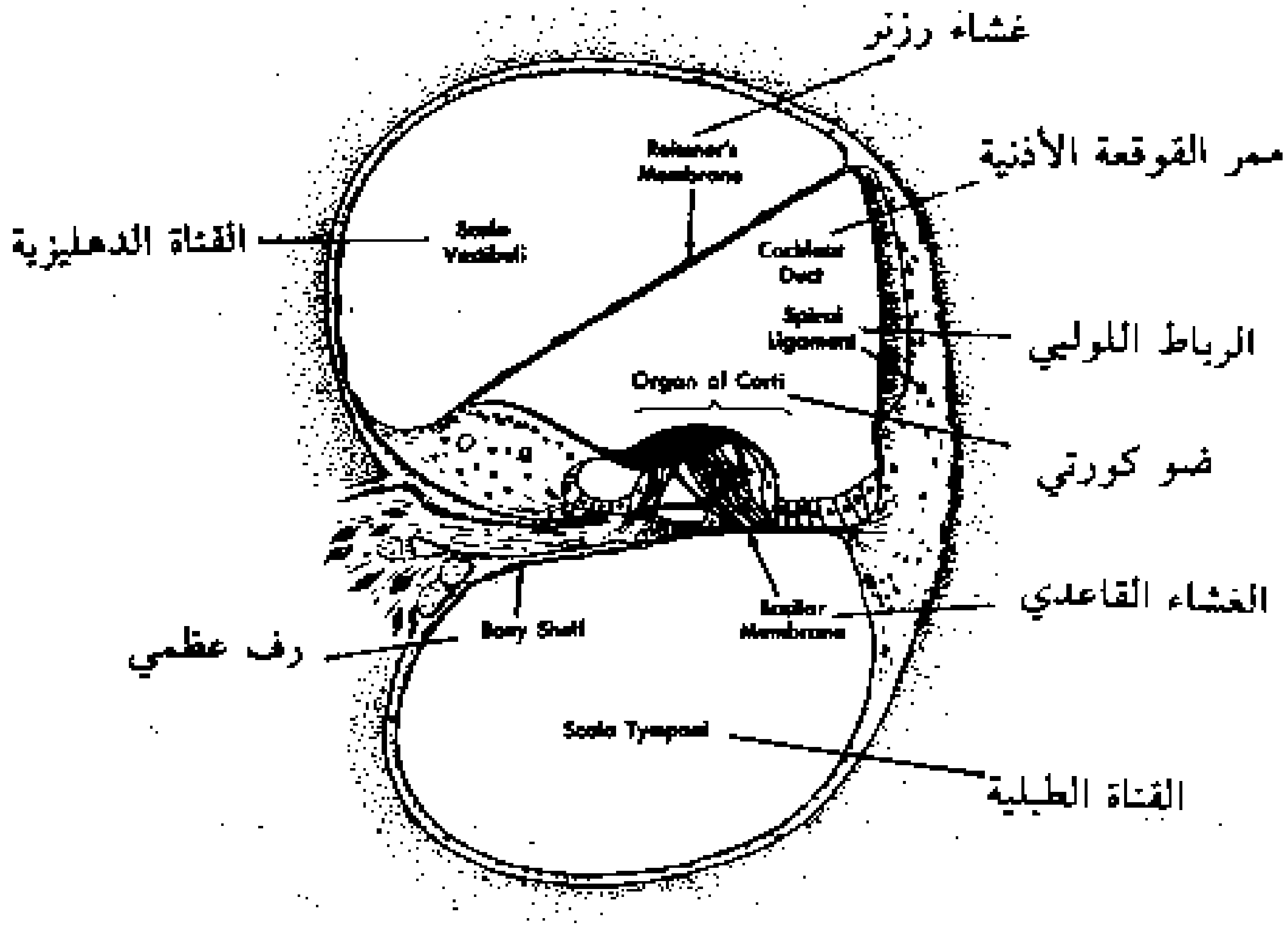
يبلغ العرض عند القمة 0.50 ملم. بينما يبلغ متوسط العرض عند اللفة القاعدية 0.21 ملم، ويبلغ 0.34 ملم عند اللفة الوسطى، و 0.36 عند اللفة في القمة. ويبلغ الطول 32 ملم.

القاعدة = 0.04 ملم

الشكل 5.6: مخطط بياني يظهر عرض الغشاء القاعدي (ضخم نوعاً ما) وهو يقترب من قمته. كما أشير إلى مواقع السعة القصوى التقريبية التذبذبية استجابة لنغمات ذات ترددات مختلفة.

لكن الغشاء القاعدي ليس عضو السمع، على أية حال. إن عضو السمع هو عضو كورتي الذي يستلقي على الغشاء القاعدي على طول السلم المتوسط. إنه هو المجس السمعي. وهو يتألف من صفوف من الخلايا الشعرية مع خلايا أخرى تقوم بتقديم الدعم. وتقع فوق آلاف الخلايا الشعرية كتلة هلامية تسمى الغشاء السقفي. يتصل الغشاء القاعدي والغشاء السقفي بمواقع مختلفة منه السلم المتوسط، ولذلك فإنها

يتحركان منفصلين نسبياً. يظهر الشكل (6.7) مقطعاً عرضانياً في القوقعة الأذنية. يقسم السلم الطبلي والسلم الدهليزي اللذان يحتويان على لمف الأذن طرف السلم المتوسط. وتنشيء الموجات الضغطية في ملف الأذن موجات تنطبق ضمن السلم المتوسط، وفي صورة لما تدرك بعد تسبب حركات الغشاء القاعدي المتموجة إثارة الخلايا الشعرية، يقص الغشاء السقفي فوق الخلايا نهايات الخلايا الشعرية، والنتيجة هي إثارة كهربائية ـ كيميائية للألياف العصبية التي تخدم الشعرية الحساسة



الشكل

الشكل (6.7): مقطع عرضاني عبر القوقعة الأذنية يظهر القناة الدهليزية والقناة الطبلية ومجرى القوقعة، يقع عضو كورتي ضمن مجرى القوقعة

تقوم قوقعة الأذن بتحليل للترددات تماماً مثل تحليل فورير الذي يحلل الأصوات المركبة إلى تردداتها المكونه. بسبب الصوت [i] كما في «see» عدة موجات تنطلق على طول لغشاء القاعدي بنقطتين من نقاط الإزاحة القصوى على الأقل. الأولى قرب القمة من أجل الرنين المنخفض والأخرى قرب قاعدة القوقعة من أجل الرنين الأعلى. فلو قال المتكلم «see» فستكون الإزاحة القصوى الأولى في الغشاء القاعدي في البداية قريبة من قاعدة القوقعة الأذنية بسبب الترددات العالية للصوت [s]، وكذلك ستكون الموجة لا دورية أثناء [s]؛ وتصبح دورية خلال قسم الكلمة المجهور. إنّ كلاًّ من نظرية والموجة المسافرة،ووصف تدرج قساوة الغشاء القاعدي حصيلة عمل جورج فون بيكسي المتأخر.

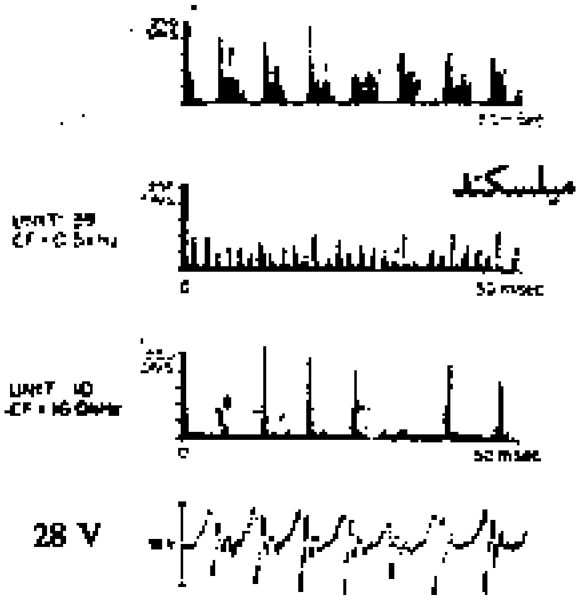
تستخلص المعلومات الترددية من الإشارة بوساطة العوامل المتحدة لمكان الإثارة الذي يثيرأو ينشط الألياف العصبية الحسية في ذلك المكان على طول الغشاء القاعدي. وتلك وجهة نظر «نظرية المكان» التي وصفناها تواً، وكذا بوساطة توقيت النبضات على طول الألياف العصبية. وقد ذهب آرنست جلن ويفر(Ernest Glen Wever) إلى أنه في الترددات المنخفضة لن تكون الإزاحة حادة على نحو كاف لتمييز الترددات عن طريق المكان، بل يمكن بدلاً من ذلك الإشارة إليها من خلال عد الدورات في الثانية الذي يحوّل إلى عددٍ مناظر من تجمعات النبض العصبي في الثانية. انظر (الشكل (5.8).

عدد الدورات في الثانية

الوحدة: 36
التردد الجاري = 0.2 كيلو هرتز

الوحدة: 39
التردد الجاري = 0.5 كيلو هرتز

الوحدة: 10
التردد الجاري = 160 كيلو هرتز



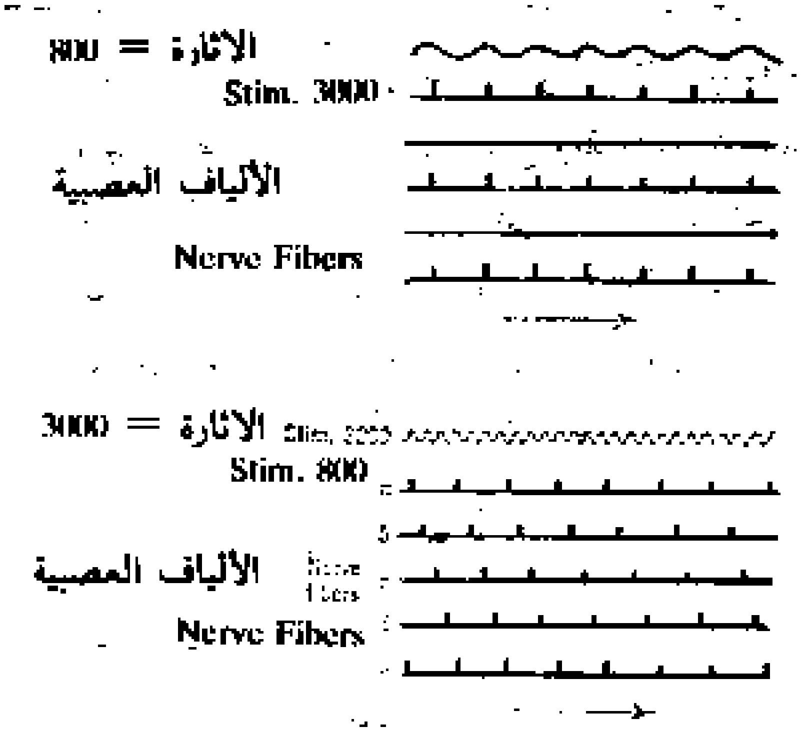
الزمن = 50 ميلسكند

28 V

الشكل 5.8: استجابات عصبونات منفردة في العصب السمعي التقطت لقسم من الصائت [ɛ]. يمثل الرسم السفلي الإشارة السمعية الفيزيائية. بينما تمثل الرسوم الثلاث

العليا استجابات ثلاث وحدات عصبية مختلفة. لاحظ أنه على الرغم من امتلاك الوحدات المختلفة ترددات إطلاق مختلفة لكنها تحتفظ بعلاقة ثابتة بالإشارة الفيزيائية.

أما في الترددات العالية، فربما كان المكان مهمّاً للإشارة للتردد، لأنه لا يمكن للعصبونات أن تطلق في الترددات العالية جداً. وإمكانية أخرى هي نظرية «ويفر الرشقية». حيث تتعاون عدة عصبونات في البث العصبي في الترددات العالية (الشكل 5.9). إن ترميز الشدة على درجة من التعقيد لا تقل عن ترميز التردد. لكنه يعتقد، على أية حالة، أن الشدة تنقل أساساً من خلال درجة النبضات العصبية النسبية كما هي الحال في كامل الجسم.



الشكل 5.9: مخطط بياني يوضح مبدأ الرشق عند ويفر. يمكن للعصبونات أن تطلق منفردة في كل دورة من المؤثر أثناء الترددات المنخفضة، أما في الترددات العالية، فيشار إلى التردد من خلال الإطلاق المنظم لمجموعات العصبونات.

العصب السمعي The Auditory Nerve

يتألف العصب السمعي أو (القحفي الثامن) من عصبة ألياف تبلغ ثلاثين ألف ليف عصبي تخدم القوقعة الأذنية. ويخرج كل عصب من خلايا شعرية، وتثير كل خلية شعرية عدة ألياف عصبية. ويلتقط فرع آخر من العصب الثامن القحفي معلومات من القنوات النصف - دائرية. وعندما تثار ألياف عصبية بوساطة إثارة الخلايا الشعرية، فإن التحليل الترددي الذي يقوم به عضو كورتي يصفى أكثر بسبب كبت جانبي، فعندما يثار مكان محدد على طول الغشاء القاعدي إلى درجته القصوى، فإن الخلايا والألياف المجاورة تكبت استجاباتها بحيث يصبح التأثير أكثر حدة.

والمسافة التي يقطعها العصب الثامن حتى يمرّ بين القوقعة الأذنية وفص الدماغ الصدغي ليست ببعيدة. فهو موجود في العظم الصدغي من خلال القناة السمعية الداخلية ويدخل جذع الدماغ حيث يتلاقى النخاع المستطيل بالجسر. وفي جذع الدماغ تتقاطع أو تتصالب معظم الألياف العصبية القادمة من كل أذن في طريقها إلى الجهة الجانبية المعاكسة. وفي تلك النقطة تتم المقارنة بين الإشارات القادمة من كل إذن كي تحدد موقع الأصوات. ويعتقد أن ألياف العصب الثامن في جذع الدماغ ربما كانت متخصصة بالتقاط بعض السمات السمعية المحددة. وسيكون مثل ذلك التخصص مهماً في التقاط التمييزات الهامة في عملية تحليل الكلام. ومن جذع الدماغ، يعبر العصب الثامن نحو الدماغ الأوسط ومنه إلى الفص الصدغي. وعلى طول الطريق تتفرع الألياف نحو المخيخ وإلى شبكة من جذع الدماغ تعمل على تركيز الانتباه. وتهبط الألياف الحركية من العصب السمعي أيضاً للضبط والسيطرة على حساسية القوقعة الأذنية.

وعندما تصل الإشارات إلى لحاء الفص الصدغي السمعي تحتفظ بترتيب مكان التردد الحاصل في الغشاء القاعدي. وفي عرض ثلاثي الأبعاد على طول قسم الفص الصدغي العلوي، تثير إثارة الترددات المنخفضة قرب قمة القوقعة الأذنية طبقات الخلايا اللحائية على طول الجزء الجانبي من المنطقة السمعية الرئيسة، بينما تسجل إثارة

الترددات العالية في قاعدة القوقعة الأذنية في عمدٍ من الخلايا ضمن الشق الجانبي. إن هذا التمثيل «الطبوغرافي» موجود في كل من الفصين الدماغيين. وتأتي معظم الإسهامات إلى كل فص من الأذن الجانبية المعاكسة. وهكذا تنفذ عملية السمع، لكنه يجب معاملة الإشارة على نحو أطول حتى ندرك أو نفهم ما نسمع. وستفصل معاملة أصوات الكلام اللحائية على نحو موسع، في هذا الفصل، عندما نناقش البنية النفسية ـ الفيزيولوجية لإدراك الكلام.

إدراك الكلام Perception of Speech

هناك دليل على أن النظام السمعي مؤلف خاصة للكلام. أو إن نظرنا إليه من وجهة نظر تطورية أمكننا القول إن آليات الإنسان الكلامية وآلياته السمعية تطورت جنباً إلى جنب، ولذلك فإن سماع الأصوات الكلامية هو أفضل ما تسمعه الآليات السمعية. وإن نحن نظرنا إلى المسألة من منظار اللغويات التاريخية، أمكننا أن نعتبر أن لغات الأرض قد تطورت مستفيدة من (وفي الوقت نفسه مقيده) من آليات الإنسان الكلامية والسمعية. وعلى غرار ما سنكتشف فيما بعد، في هذا الفصل، فإن الأطفال يصنّفون، وفقاً لمقدراتهم السمعية في التميز، الأصوات الكلامية ضمن مجموعات تشبه تلك المستخدمة في عدة لغات والمصنّفة في أصناف مميزة أو فونيمات.

ولو افترضنا جدلاً أننا مصممون على أن نفهم وندرك الأصوات الكلامية نفسها التي نحن مصممون أيضاً على إصدارها، لبقيت العمليات التي يضمها إدراك الكلام مكتنفةً بالغموض. ويشير الدليل إلى أن إدراك الكلام مظهر متخصص من المقدرة الإنسانية العامة، وهي مقدرة بحث الأنماط وتميزها. والأنماط في هذه الحال أنماطٌ سمعية، وقدر كبير من هذا الفصل سيصف الأنماط السمعية التي يستخدمها المستمعون بوصفها دلائل في فهم الكلام. وغالباً ما تكون الدلائل زائدة عما يسمح حدوث إدراك الكلام في ظروف صعبة. ونادراً ما تصدر الأصوات الكلامية منفردة كما فصلنا في الفصل الرابع، أنها تتداخل ويؤثر كل صوت في الآخر نتيجة لإصدارها. ويعني هذا، في إصدار الكلام أن الأصوات الكلامية ليست منفصلة أو مستقلة في أغلب الأحيان على غرار ما يمكن المرء فعله في فصل الحروف في الكلمة المكتوبة،

ولذلك يجب على المستمع أن يستخدم السياق في فك رموز الرسالة، وغالباً ما يفهم الصوت الكلامي ضمن فهم آني للمعلومات السمعية المجاورة. وبالإضافة إلى ذلك، هناك دليل على أن إدراك الكلام هو وظيفة متخصصة إلى حد ما وجانبية في الدماغ. وذلك موضوع سنبحثه بشيء من التفصيل فيما بعد. وأخيراً سنناقش، في هذا الفصل، بعض النظريات الجارية في إدراك الكلام.

دلائل سمعية في إدراك الكلام Acoustic cues In Speech Perception

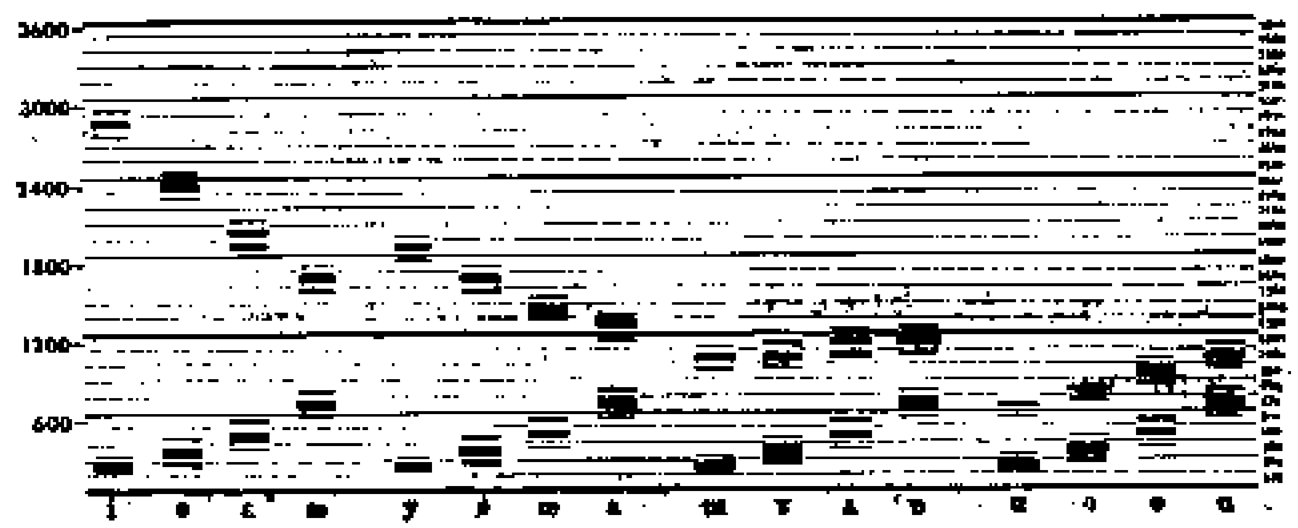
اننا نعلم من دراسة الأطياف الكلامية أن الأنماط السمعية معقدة ودائمة التبدّل. هل يستخدم المستمع كل هذه المعلومات، أم أن هناك أجزاء من الأنماط السمعية أكثر أهمية لإدراك الكلام من الأجزاء الأخرى؟ وقد استطاع علماء الكلام بوساطة تركيب الكلام أو لصق الشريط أن يبدلوا المتغيرات المختلفة في الإشارة السمعية، واختبروا بعد ذلك المستمعين في اكتشاف آثار ذلك في إدراك الكلام.

لقد فصلنا في الفصل الرابع القول في إصدار الأصوات الكلامية في أصناف عامة وفقاً لاسلوب النطق، ابتداءً من الصوائت التي يتطلب إصدارها مجرىً صوتياً أكثر انفتاحاً إلى أصوات الوقف والأصوات الاحتكاكية ذات المجرىً الأكثر ضيقاً. حاولنا شرح كل صنف ضمن شروط سماته النطقية بالإضافة إلى السمات السمعية. وسنتبع الترتيب نفسه هنا. سنبدأ بمناقشة إدراك الأصوات الكلامية.

الصوائت Vowels

تقع الدلائل السمعية لفهم الصوائت في الأنماط التي ينشئها رنين المجرى الصوتي (التشكيلات الموجية المميزة) عند المتكلم. لكنّ أنماط التشكيلات الموجية المميزة ليست كافية بما هي كذلك دائماً لعملية التحديد والتمييز التي يقوم بها المستمع. ففي بداية الخمسينيات قام ديلاتر، وليبرمان، وكوبر وجيرستمان بتركيب صوائت بوساطة رسم التشكيلات الموجية المميزة على آلية قارئة النمط (كما وصفت في الفصل

الثاني) بانتظام مغيرين ترددات التشكيلات الموجية المميزة في بحث عن أفضل أنماط يمكن للمستمع أن يقرنها بكل صائت بمفرده (الشكل 501).



الشكل 5.10: صوائت مصطنعة مؤلفة من تشكيلين موجيين مميزين اثنين كما رسمت (دهنت) على قارئة النمط في مختبرات هاسكنس.

وقد اكتشفوا أن المستمعين يحتاجون عادة إلى ترددين موجيين مميزين فحسب من الترددات الطبيعية التي تصدر حتى يستطيعوا تحديد الصوائت، واكتشفوا أيضاً أنه، على الرغم من احتياج المستمعين لتشكيلين موجيين مميزين لتحديد الصوائت الأمامية، يمكن لتردد واحد أن يكون كافياً لتحديد الصوائت الخلفية على نحو تقريبي. وقد اكتشف جنير فانت في مخبره في السويد أفضل تشكيلين موجيين مميزين تختلف فيهما الصوائت المصطنعة على نحو منتظم عن الصوائت الطبيعية. وقد وجد أنه ينبغي أن يكون التشكيل الموجي الثاني عالياً جداً في /i/ قريباً جداً من التشكيل الموجي المميز الطبيعي الثالث. أما في بقية الصوائت الأمامية فقد وجد أن أفضل مكان للتشكيل الموجي المميز الثاني هو ما يمكن أن يكون التشكيل الموجي الثاني والثالث طبيعياً. أما الصوائت الخلفية فقد ركبت أو شكلت في أحسن شكل لها عندما كان التشكيل الموجي الثاني قريباً من التشكيل الموجي الثاني الطبيعي. أما في إدراك الكلام فقد بدا أن التشكيل الموجي الثالث أكثر أهمية في الصوائت الأمامية منه في الصوائت الخلفية.

لكنّ أنماط التشكيلات الموجية المميزة لا يمكنها وحدها أن تؤمن إدراك المستمع للصوائت بسبب مشكلتين: الأولى: تنوع أحجام المجرى الصوتي التي تصدر التشكيلات الموجية المميزة: إننا نعلم من دراسة بيترسون وبارني التي ذكرت في الفصل الرابع أن الرجال، والنساء والأطفال يصدرون الصائت نفسه ولكن بترددات موجية مميزة مختلفة. ويختلف الأفراد ضمن المجموعات أيضاً. ومما يجعل الأمور أكثر تعقيداً أنه لا توجد صيغة بسيطة تسمح للمستمع أن ينظم الترددات. فالنساء لا يمتلكن مجاري صوتية أقصر من تلك التي يمتلكها الرجال، ولكنهن يمتلكن أشكالاً للمجرى الصوتي مختلفة. فالمجرى الصوتي عند النساء أقصر من ذلك الذي عند الرجال بحوالي 2 سم عند البلعوم، بينما لايبلغ قصره سوى 1,25 سم في التجويف الفمي، وهكذا، يجب على المستمعين أن يستخدموا أنماطاً عامة لعلائق التشكيلات الموجية المميزة بدلاً من الترددات الدقيقة أو حتى نسبة صحيحة أو مضبوطة منها

والمشكلة الثانية التي تواجه المستمعين في تحديد الصوائت هي أن الصوائت غالباً ما تتحيّد لحدٍ ما في معدل الكلام العادي. وقد أظهر لندبلوم أن الصوائت تتشابه كثيراً عندما لا تنبّر وتشبه /ə/ أيضاً. فعلى سبيل المثال سيصعد التشكيل الموجي الثاني في /u/ بينما سيهبط في /i/ ؛ وعندئذٍ يجب على المستمع أن يستخدم الدلائل السياقية بالإضافة إلى أنماط الترددات الموجية المميزة في مسعاه لتحديد الصوائت. وقد أظهر لادا فوجد وبرودبنت «Broadbent» أنه يمكن للمستمعين أن يستخدموا صوائت أخرى لمتكلم ما في عملية تنظيم أطوال المجرى الصوتي المختلفة. وفي دراستهما، سُمع الصائت في كلمة إما كـ /bit/ أو كـ /bet/ ، واعتمد ذلك على أيّ من الصوتين الآخرين استخدم في قول العبارة الناقلة. وقد اقترح ليرمان أن يمكن للمستمعين أن يستخدموا الصوائت /a/، /i/ و /u/ في رسم المجرى الصوتي للمتكلم أو فحصه، وقد طوّر جيرستمان (Gerstman) لوغارتماً يمكن أن يستخدمه حاسوب في تقدير ترددات التشكيلات الموجية المميزة في الصوائت إذا ما غذّي بترددات الصوائت القصوى /i/ ، /a/ و /u/.

ويقترح نوردستروم (Nordstroum) ولندبلوم أنه يمكن للمستمعين أن يقدّروا طول المجرى الصوتي الكامل في محاولة أولية، ويستخدموا، بعد ذلك، عامل مضاعفة

متدرجاً بسيطاً في تعديل النمط الموجي المميز. وإن هذا الإجراء التناظمي ممكن على الرغم من عدم وجود خاصة خطية بين اختلافات حجم الفم والبلعوم. لكنه ليس معروفاً، على أية حال، إن كان المستمعون البشر يستخدمون مثل هذه الحسابات.

وقد أظهر فيربرج، ستريتج، شانكوفلر وإيدمان (Verbrugge, Strange, Shankweiler & Edman) أن المستمعين يدركون الصوائت على نحو أدق عندما يكون هناك صائت واحد على الأقل بوصفه سياقاً. ويبدو أنه يمكن للمستمعين أن يثبتوا النمط الموجي المميز لمجرى صوتي معين وفق مبدأ يعتمد على برهان من مقطع مؤلف من صامت ـ صائت أو صائت ـ صامت.

إن إدراك الصوائت سهل لأنها مجهورة، ومن ثمّ تمتلك شدة عالية نسبياً، فالمجرى الصوتي مفتوح نسبياً أثناء إصدارها. وهكذا يصدر رنين بارز، وغالباً ما تثبت الترددات الموجية المميزة مدة مائة ميلي ـ ثانية أو كذلك مما يسمح للمستمع إدراك النمط الموجي المميز. ويستفيد المستمع من أجزاء الكلام الأخرى في تقرير حجم المجرى الصوتي التقريبي، ومن ثم يعرف ما طبقات الترددات التي يتوقها لأنماط التشكيلات الموجية المميزة. وأخيراً تستخدم معرفة اللغة، ونظام الصوائت، وقوانين النّبرة، خاصة في تقفيّ أثر تغيرات الصائت في الكلام العادي.

الصوائت الثنائية Diphthongs

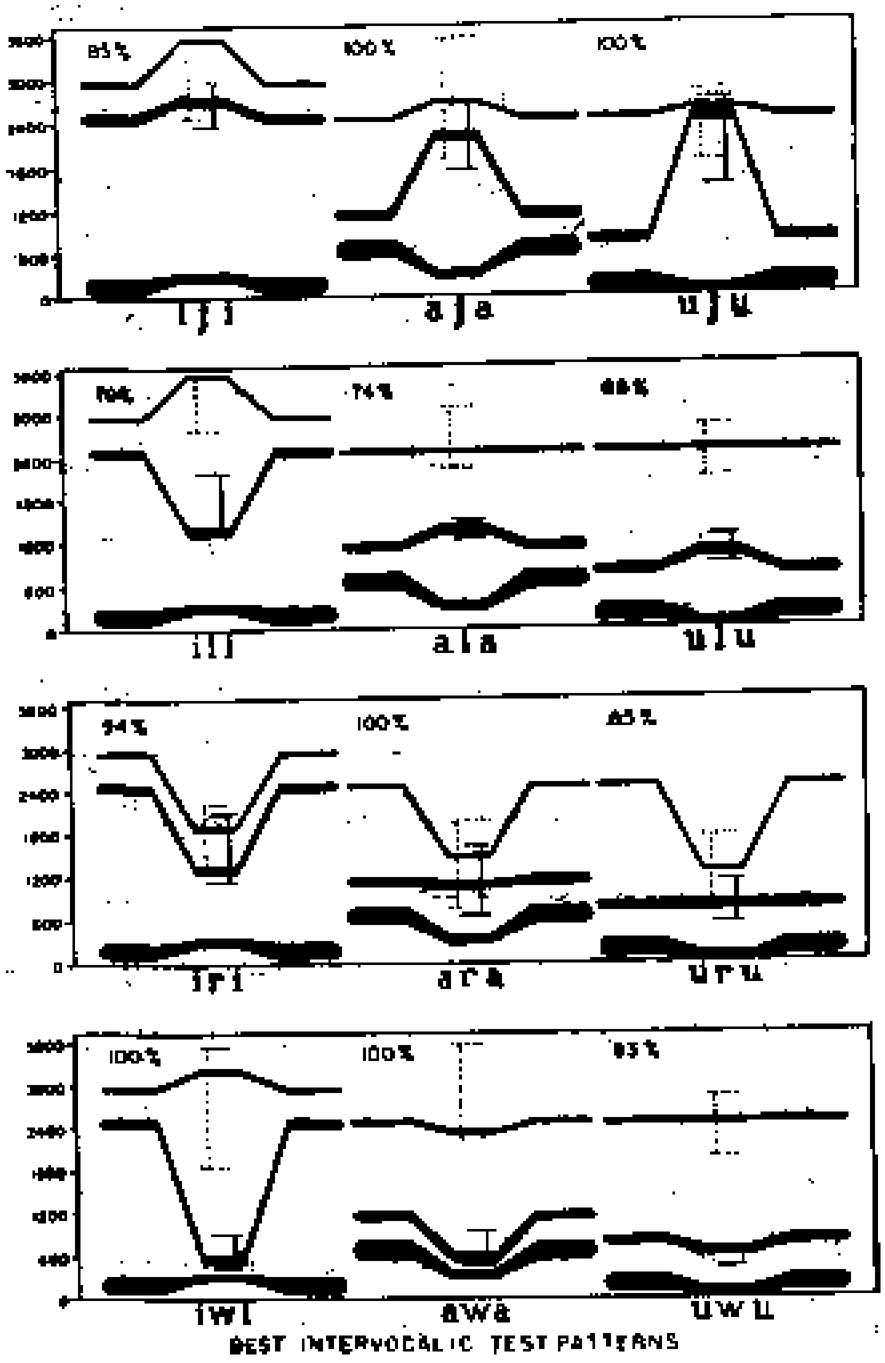
تكشف الصوائت الثنائية المركبة المستخدمة في اختبارات السمع عن ان التشكيلات الموجية المميزة المتزلقة هي أدلة سمعية كافية في عملية التحديد والتميز. وعلى نحو انموذجي، هناك، بالإضافة إلى الانزلاق، نمط تشكيل موجي ثابت لمدة وجيزة عند بداية كل انزلاق ونهايته. وقد بدل جي (Gay) بانتظام مدة انزلاق التشكيل الموجي الثاني، ووجد ان معدل تغير التردد دليل أهم من ترددات التشكيل الموجي الدقيقة في نهاية الصوائت الثنائية (/ɔi/، /ai/ و /au/).

Semi - vowels

انصاف الصوائت

ان الأصوات /w/ ، /j/ ، /r/ و /l/ كما في «yet» ، «red» ، «wet» و «led» هي أصوات مجهورة كما هي الحال في الصوائت وأنصاف الصوائت، وتتصف بترددات تشكيلات مميزة تسمى «تحولات الانتقال» تحدث تحولات التشكيلات الموجية المميزة في الصائت إذا سبق الصائت أو أتبع بصامت، ويعكس ذلك تغيرات في الرنين عندما يتحرك المجرى الصوتي من منطقة الصامت الأكثر ضيقاً. وان تحوّلات التشكيلات الموجية المميزة التي تشكل الصوائت الثنائية وأنصاف الصوائت هي الدلائل السمعية الهامة في تحديد أنصاف الصوائت وإنصاف الصوائت نفسها. وماله أهمية خاصة في فهم أنصاف الصوائت انزلاقات التشكيل الموجي الثاني، وفي بعض الحالات، انزلاقات التشكيل الموجي الثالث. وتتميز أنصاف الصوائت عن الصوائت الثنائية بتحولات التشكيلات الموجية المميزة السريعة التي تجعلها أشبه بالصامت.

ووجد أوكونر (O connor) وجيرستمان وليرمان وديلاتر وكوبر أنه في الإمكان تركيب /w/ و /j/ مقبولين إدراكياً بتشكيلين موجيين مميزين فقط. وليس هذا الاكتشاف مدهشاً إذا ما تذكرنا أن /w/ يبدأ بنمط تشكيل مميز مشابه/u/ وان /j/ يبدأ بواحد شبيه بذلك في /i/ . لكنّ إدراك /r/ و /l/ يحتاج الى ثلاثة تشكيلات موجية مميزة عادة، وأن التشكيل الموجي المميز الثالث هو الذي يميزهما. ففي /r/ يكون F_3 أدنى من ذلك في /l/ ولذلك فإنه في سياق صائت، يجب على F_3 أن يصعد من التشكيل المميز في /r/ إلى ذلك الموجود في الصائت. أما في /l/ فنجد أن /F3/ أعلى؛ ولا يغير تردده في معظم سياقات الصائت. والتشكيل الموجي المميزالثاني هو الذي يميز أنصاف الصوائت، حيث إنه منخفض في /w/ ، وفي تردد وسط في /l/ و /r/ وعالٍ في /j/ . وعلى الرغم من أن F_1 ليس دليلاً سمعياً مهماً كـ F_2 و F_3 ، يجب أن يكون منخفضاً للحصول على /w/و /j/ جيدين، ولا يجب أن يكون منخفضاً كثيراً في /l/ وإلا رنّ الصوت الجانبي وكأنه الأنفي /n/ . ونجد مخططاً أفضل لـ /aja/، /ala/، /ara/ و /awa/ دهنها ليسكر (Lisker) لمقارنة النمط واختبرت على مستمعين مرهفي السمع في الشكل (5.11) . ولاحظ أن الدلائل السمعية التي قدمت في /l/ كانت كافية بنسبة لـ /74%) فحسب مقارنة بـ 100% في تحديد أنصاف الصوائت الأخرى.

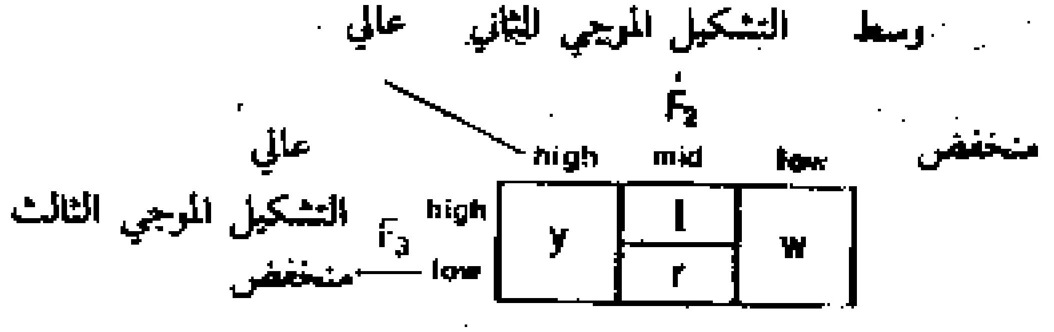


أفضل أنماط اختبار تتخللها صوائت

الشكل 5.11: أنماط صنعية مركبة من ثلاثة ترددات موجية مميزة لـ /j/، /l/، /r/ و/w/ مع الصوائت /i/، /a/ و/u/ . طلب من المستمعين أن يحددوا كل سلسلة من الأنماط بوصفها واحداً من المنبهات الأربعة. والأنماط الموجودة هنا هي التي ميزها المستمعون بدقة وثبات كبيرين.

يجب أن يكون هناك دلائل سمعية أكثر من أجل الحصول على صوت جانبي غير غامض.

يلخص الرسم البياني لـ F_2 و F_3 علائق التشكيلات الموجية المميزة التي استخدمها المستمعون.



الشكل 5.12 : مخطط بياني يصف علائق التشكيلات الموجية المميزة لأصوات y ، w ، r و l.

الصوامت الأنفية Nasal Consonants

يمكن حسبان إدراك الأنفيات متضمناً قرارين: الأول: تبعاً لكون القسم أنفياً أو غير أنفي، ثم تبعاً لكون مكان نطقه شفوياً /m/ سنخياً /n/ أو حلقي ـ حنكي /ŋ/. واكتشف ميرملشتاين (Mermelstein) من خلال تقسيم الكلام الطبيعي بوساطة الحاسوب أن أقسام التحولات من الدمدمة الأنفية واليها تمثل دلائل مؤثرة في التقاط الأنفيات وتحديدها بوصفها صنفاً محدداً من الأصوات. ويضم التبدل الواضح في طيف صائت صادر عن فم مفتوح إلى صوت أنفي، كما ذكرنا في الفصل الرابع، إضعاف التشكيلات المميزة العليا بسبب الرنين المضاد وإضافة رنين دون الخمسمائة «هرتز»، يتمركز غالباً حول منطقة 250 «هرتز». يمكن للمستمع أن يستخدم نقص الشدة الكامل من الصائت إلى الصوت الأنفي بوصفه دليلاً سمعياً. وتمثل الدمدمة الأنفية ذات التردد المنخفض دليلاً كافياً عندما تحذف التشكيلات الموجية المميزة العليا في الأصوات الأنفية المركبة في قارئة النمط. أما في مقاطع الصائت ـ الصامت في الكلام الطبيعي، فيمكن الاستدلال على الأنفي الأخير بوساطة الصائت. واكتشف علي وكالاغهر (Callagher) ، وجولد شتاين، (Gold

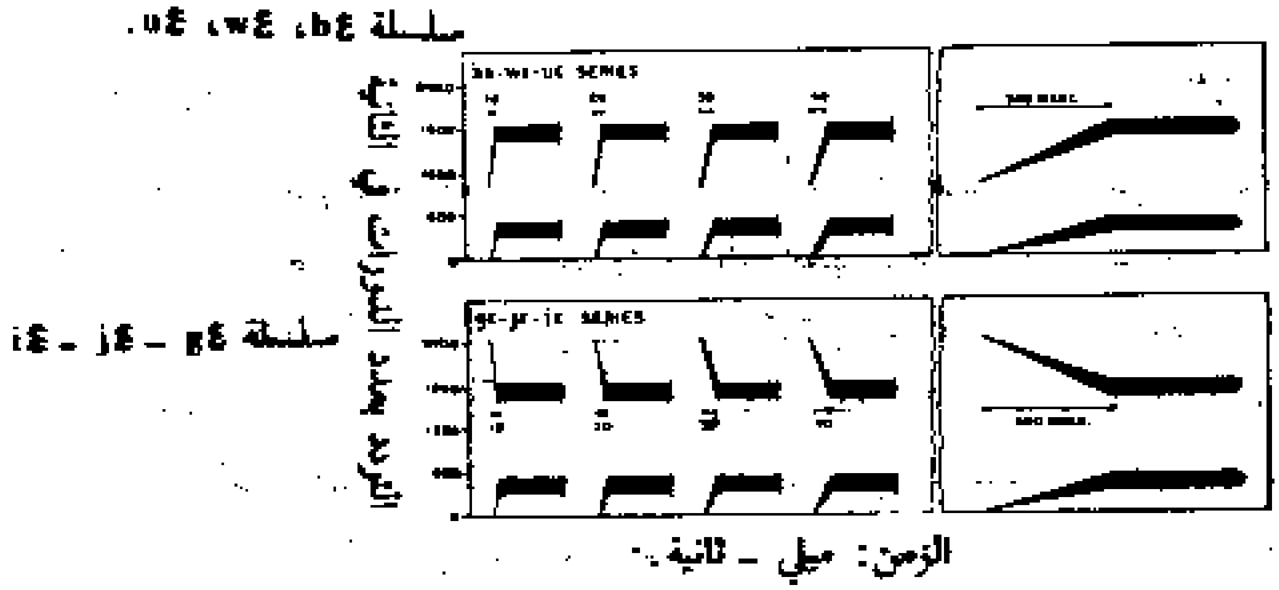
stein) وادنيلوف (Danikoff) من دراسة لصق الشريط أنه يمكن للستمعين أن يدركوا صفة الأنفية المتنامية أو المتطورة في قسم الصائت حتى لو حذفت الصوائت الأنفية وتحولاتها المباشرة كاملة. ومن السهل، خاصة، أن يدركُ االمستمعون الصوائت المفتوحة بوصفها أصواتاً أنفية. ومبعث ذلك أن الصوائت المفتوحة ينقصها رنين الترددات المنخفضة إلا إذا أصدرت مع صوت أنفي. أما الصوائت المرتفعة مثل /i/ و /u/ فتملك في العادة رنين تردد منخفض، ولذلك فهي أكثر مشابهة في السمع للأصوات الأنفية.

ويُستدل على إدراك مكان نطق الصوت الأنفي أساساً باتجاه التحويلة (خاصة F_2) نحو صائت مجاور. ووجد كوبر، وديلاتر وليبرمان وبورست (Borst) وجيرستمان أنه يمكن تركيب الأنفيات /m.n.ŋ/ لقارئة النمط بتحويلات التشكيلات الموجية المميزة المستخدمة في تركيب /b.f/، /t.d/ و /k.g/ نفسها على التوالي. ووجد ماليكوت (Malecot) من خلال لصق الشريط في الكلام الطبيعي أن المستمعين استخدموا الدمدمة الأنفية نفسها بوصفها دليلاً صغيراً على مكان النطق، في حين أن الدليل القوي على مكان النطق كان متمثلاً في التحويلة. وبعد إزالة التحويلة بين حالات الصائت الثابتة والدمدمة الأنفية وُجد أن المستمعين كانوا أقل مقدرة على التمييز لأي أنفي كانوا يسمعونه. وهناك دلائل ترددية وأخرىٰ متعلقة بالزمن موجودة في التحويلات، حيث تتميز تحويلة/m/ بأدنىٰ تردد وأقصر مدة، أما في /n/ فتكون التحويلة أعلىٰ في ترددها وأطول في مدتها قليلاً. في حين أننا نجد أعلىٰ تردد وأكثره تبدلاً وأطول فترة في /ŋ/ . ويمكن إرجاع فرق المدة في التحويلة بين /n/ و /ŋ/ إلى أن مؤخرة اللسان أبطأ في تحركها من مقدمته. أمّا كيف يمكن للمستمعين أن ينتقلوا سريعاً بين التحويلات، ويستبدلوا أدلة الدمدمة الأنفية بين الواحدة والأخرىٰ فغير معروف. وقد وجد هاوس (House) في دراسات مماثلة عن الأصوات الأنفية أن أشكال الرنين النسبية والرنين المضاد كافية لتمييز /m/ و /n/؛ ولكن إدراك /ŋ/ إدراكاً كاملاً كان أقلّ دقة بالنسبة إلى المستمعين. يمكن أن تكون الدلائل الإضافية مهمة لفهم /y/ . وسنواجه المشكلة نفسها في /y/ و /g/ عندما نناقش إدراك أصوات الوقف.

أصوات الوقف Stops

لقد درست أصوات الوقف /p.b.t.d.k.g/ أكثر من أي صنف آخر من الأصوات الكلامية. ودراسة أصوات الوقف مهمة وممتعة لأنها تظهر بوضوح عدم خطية الإدراك الإنساني عندما تكون المثيرات أو المنبهات أصواتاً كلامية أو أصواتاً كلامية مصطنعة. وسنناقش ظاهرة عدم خطية الإدراك الإنساني هذه مفصلاً في فقرة «الإدراك غير المشروط». وتظهر أصوات الوقف أيضاً زيادة الدلائل السمعية المتوافرة لتمييز الأصوات الكلامية. وأخيراً تزودنا طبيعة فهم أصوات الوقف السمعية إلى حدّ ما على دلائل الصوائت السمعية المجاورة، ولذلك، فإن المستمع يدرك صوت الوقف الصائت المجاور وفقاً للعلاقة السمعية بينهما.

إن الاختلافات الواضحة بين أصوات الوقف والأصوات التي ناقشناها الآن تتمثّل في الآتي: أولاً: هناك انسداد أو انغلاق فمي يسمع إما بوصفه صوتاً من أصوات الوقف غير المجهورة /p.t.k/ أو بوصفه تضعيفاً قصيراً في أصوات الوقف المجهورة /b.d.g/ ، وثانياً: غالباً ما يطلق الهواء المحجوز على صورة دفقة هوائية تسمع كأنها تحويلة عابرة سريعة. وفرق ثالث بين أصوات الوقف وأنصاف الصوائت يكمن في مدة التغير في نمط التشكيلات الموجية المميزة، وهو النتيجة السمعية للتحرك من شكل المجرى الصوتي اللازم لصوت الوقف أو نصف الصائت وموقعه إلى الشكل المناسب للصائت. وقد وجد علماء مختبرات هاسكنس* انه في الإمكان رسم أطياف لقارئة النمط تسمع كـ /bɛ/ و /gɛ/ دون أن تشتمل على الدلائل الخاصة بالدفقة، وأكثر من ذلك، فإنهم استطاعوا إصدار مؤثرات من خلال تغير مدة تحويلات التشكيل الموجي الثاني (الشكل 5.13) أدركها المستمعون بوصفها كـ (b,g) عندما كانت التحويلات قصيرة المدة، وأدركوها على أنها أنصاف الصوائت (w,y) عندما كان طول التحويلات من 40 - 50 ميلي ـ ثانية، وأدركوها على أنها الصوائت المتغيرة / uɛ /، /iɛ/ عندما كان طول المدد يتراوح ما بين 150 - 200 ميلي ثانية.

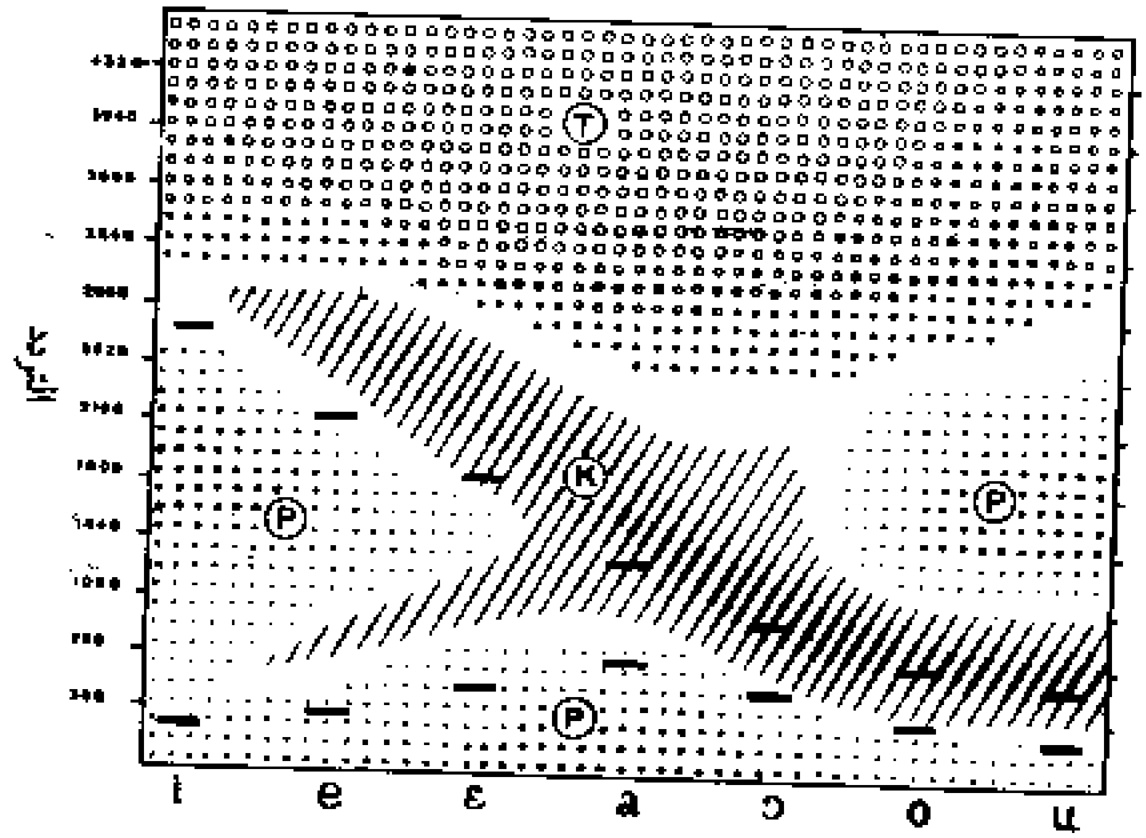


الشكل 5.13: أنماط طيفية ذات فترات تحول متغيرة. وتظهر لربعة الأنماط الأولى في كل صف كيف تنوعت درجة نشاط التحولات. يقع في النهاية اليمنى القصوى من كل صف نمط مؤثر كامل أي: تحول بالإضافة لصائت بصفة ثابتة لأطول فترة تحول تم اختبارها. ثم الحكم على الأنماط في النهاية اليسرى القصوى العليا وكذلك اليمنى القصوى العليا في الصف العلوي بوصفها /bε/ و /uε/ على التوالي. وتم الحكم على الأنماط المناظرة لها في الصف السفلي بوصفها /gε/ و /iε/.

ويبدو أن هذه الدلائل السمعية المتعلقة بأسلوب نطق أصوات الوقف: الصمت النسبي، الدفقة الهوائية، والتحويلات القصيرة العابرة نحو الصائت اللاحق، أكثر مقاومة لتأثيرات الضوضاء الحاجبة من الدلائل السمعية المتعلقة بمكان النطق التي تميز الشفويين /b,f/ عن المتخيين /t,d/ عن الحلقين ـ الحنكين /k,g/ . وقد حلّل ملر (Miller) ونايسلي (Nicely) التشوش الإدراكي للصوائت الإنكليزية مع وجود الضوضاء، ووجدا أنه يمكن للمستمعين أن يحددوا أسلوب النطق حتى عندما تكون دلائل مكان النطق مجموعة.

هناك العديد من الدلائل التي يمكن للمستمع أن يستخدمها في الإشارة إلى مكان نطق صوت الوقف، وقد عزلت الاختبارات المبكرة المستخدمة مؤثرات قارئة

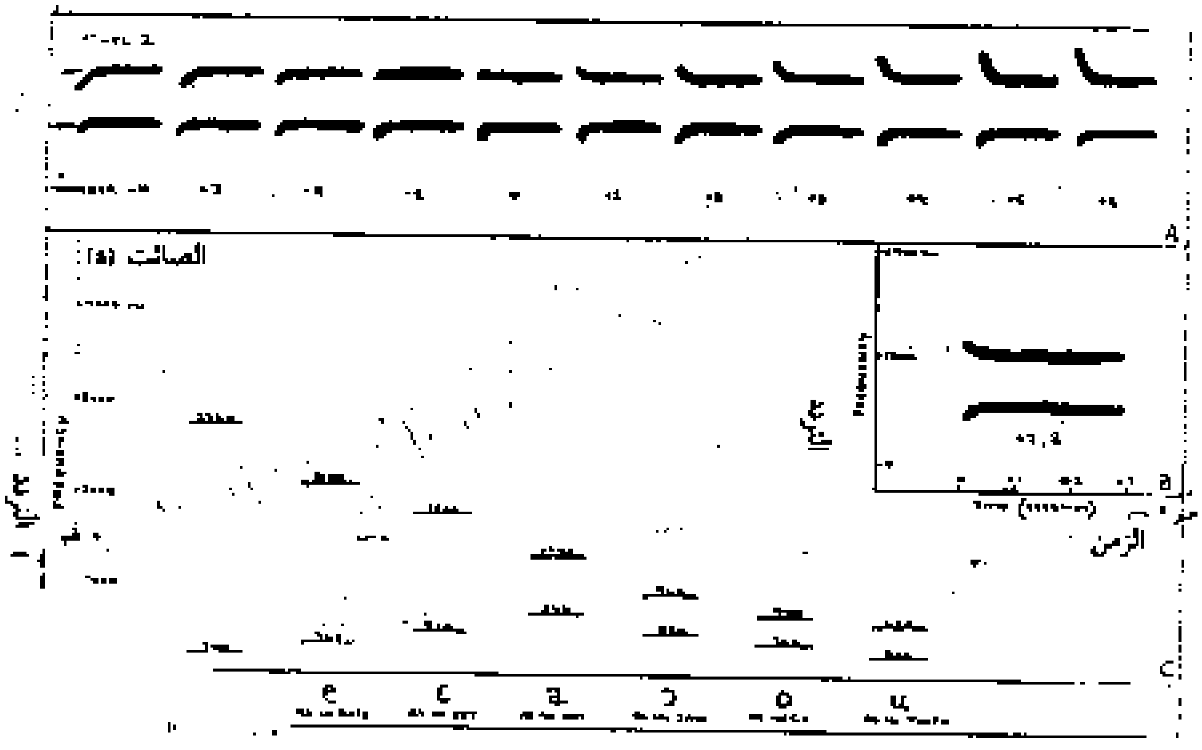
النمط المعتمدة على أطياف حقيقية دلالتين منفصلتين لمكان النطق ولكنهما كافيتان: مكان تردد الدفقة الهوائية وعلاقته بالصائت، وتحول التشكيل الموجي-المميز الثاني. وقد أدركت الدفقات ذات الترددات العالية كلّها مجتمعة مع التشكيلات الموجية المميزة لسبعة صوائت على أنها /t/ ، بينما أدركت الدفقات ذات الترددات المنخفضة بوصفها /p/. إلا أن الدفقات التي أدركت على أنها /k/ كانت أعلى قليلاً من التشكيل الموجي في الصائت المحدد المركب من تشكيلين موجيين مميزين (الشكل 5.14) مما ينتج عنه إدراك الدفقة العالية على أنها /k/ مع الصوائت العالية، وأدركت الدفقة المنخفضة على أنها /k/ مع الصوائت المنخفضة.



الشكل5.14 : تردد الدفقة المركزي الذي سيدرك (يفهم) بوصفه صوت وقف غير مجهور مع عدة صوائت. تشير الرموز الغامقة في الشبكة إلى موافقة أكبر لدى المستمعين. كما تمت الإشارة إلى النمط ذي التشكيلين الموجيين المميزين الذي زوّج مع كل دفقة هوائية مع كل صائت.

يمكن للمستمعين أن يستخدموا أيضاً صوائت مركبة (مصطنعة) وتحولات

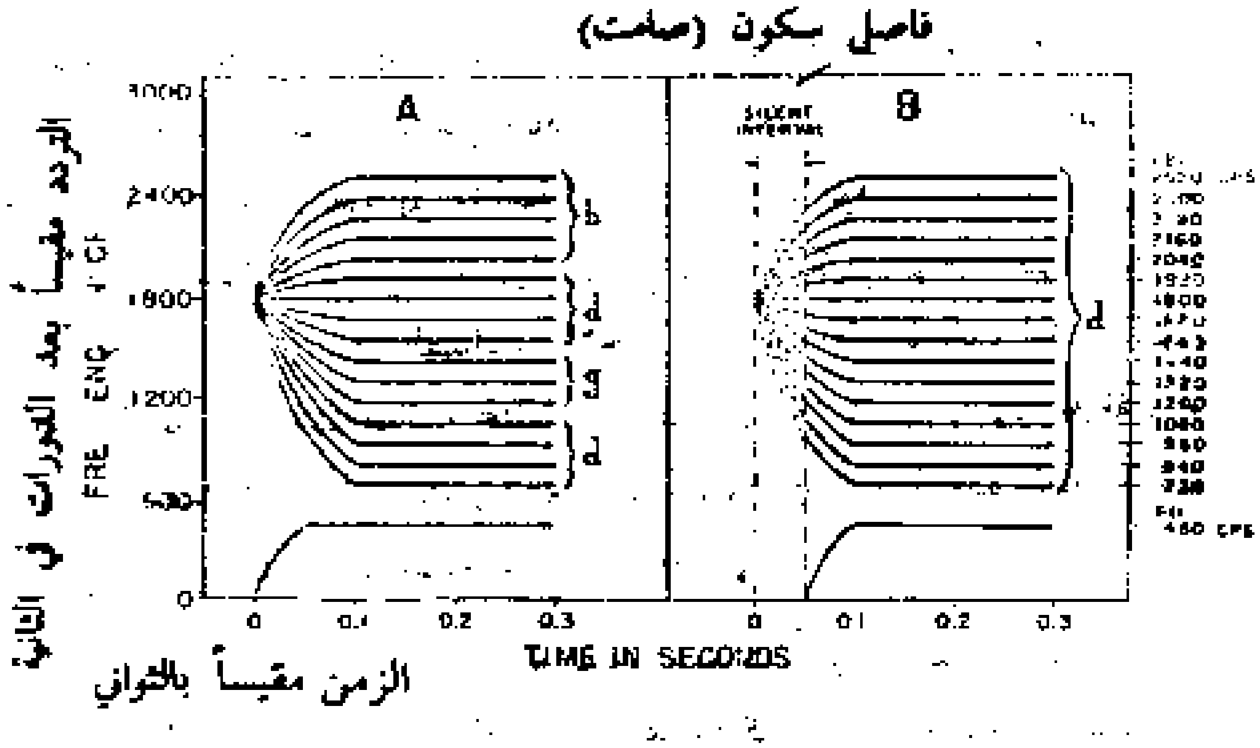
التشكيل الموجي الثاني من دون دفقات لتحديد أصوات الوقف. وقد ضبط الباحثون تشكيلات الصائت المتميزة ثابتة وغيروا منحنى تحويلة التشكيل الموجي الثاني من تحويلة سلبية أو هابطة إلى تشكيل موجي ثانٍ منبسط فتحويلة إيجابية بشكل حادٍ أو صاعد (الشكل 5.15) ضمن عشر خطوات. وأدرك المستمعون كامل تحولات F_2 الصاعدة بوصفها /p,b/ الشفويين، لكنهم قسّموا تحولات F_2 الهابطة إلى مجموعتين: فقد أدركت على غرار السنخيين /d,t/ عندما كان F_2 هابطاً قليلاً في الصوائت الأمامية، أو هابطاً على نحو حاد في الصوائت الخلفية. وأدركت بوصفها /k,g/ الحنكيين - الحلقين عندما كان F_2 هابطاً على نحو حاد في الصوائت الأمامية أو هابطاً قليلاً في الصوائت الخلفية.



الشكل 5.15: نمط أصوات الوقف المجهورة المصطنع من تشكيلين موجيين مميزين. يظهر القسم (a) الصائت (a) مع نطاق كامل من التحولات. يظهر القسم (B) نمطاً بمفرده. بينما يظهر القسم (C) الأنماط المركبة (المصطنعة) من تشكيلين موجيين مميزين مع الصوائت المختلفة التي جمعت مع نطاق التحولات الذي يبدو في القسم (A)

وينتج عن العمل المتزايد، حول إدراك تحولات F_2 عند ديلاتر ولبرمان وكوبر نظرية تقول إنه يوجد موقع سمعي خاص في كل مكان من أماكن النطق. ولكي نوضح المفهوم، علينا أن نعود إلى مناقشة إصدار أصوات الوقف. فعندما يُنهى انسداد صوت الوقف، سيرتبط شكل المجرىٰ الصوتي بتردد تشكيل موجي مميز محدد يتغير بتغيرات المجرىٰ الصوتي نحو الصائت اللاحق. وبما أن الانسدادات الخاصة بصوت وقف محدد في عدة سياقات صائتية مختلفة هي نفسُها، فلا بد من وجود علاقة منتظمة بين تجمعات الصامت ـ الصائت وبداية تردد تحويلة F_2 . إنها هذه العلاقة النطقية التي تشكل أساس اكتشافات تجربة الموقع (locus) .

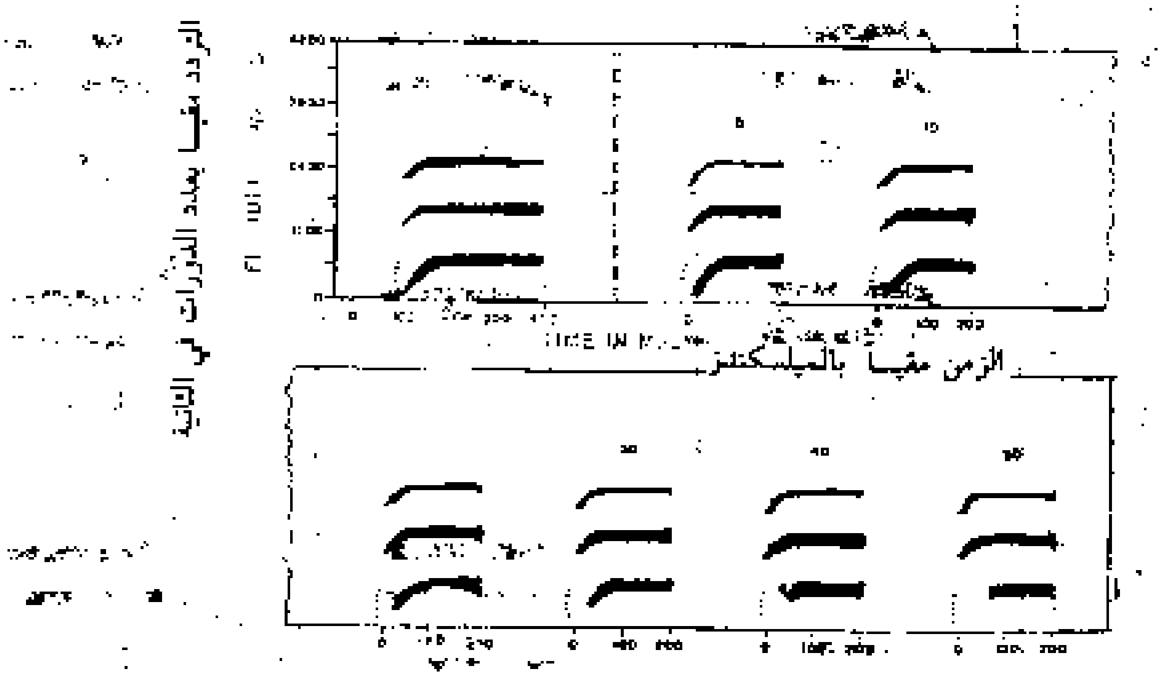
لقد ركبت أنماط من تشكيليين مع بعض سمات شبيهة بسمات أصوات الوقف بالإضافة إلى F_2 ثابت. وأدركت أفضل (g) عندما كان F_2 منبسطاً وتردده حوالي 3000 هرتز. أما أفضل /d/ فكان عند 1800 «هرتز»، بينما كان أفضل /b/ عند 720 «هرتز». وعندما رسمت المؤثرات بتحولات ثابتة في F_1، ويتدرج في تحويلات F_2 من الصاعدة الحادة إلى الهابطة الحادة، وجد أنه عندما كانت كافة التحويلات تشير إلى المواقع (أفضل الترددات التي ذكرت آنفاً)، وإذا أزيل القسم الأول من التحولات أو كان صامتاً (الشكل: 5.16)، استطاع المستمعون تمييز مكان النطق أو تحديده معتمدين على هذه المواقع السمعية. والموقع هو مكانٌ على مقياس التردد أشارت إليه تحولات F_2 أو إتجهت إليه. وكان أداء هذا الأسلوب جيداً في حالة صوت الوقف السنخي /d/. وتقع الصعوبة في تحديد تحويلة F_2 معينة أو ترتبط بـ /k/,/g/,/ŋ/ جزئياً من الحقيقة النطقية في أن هذه الصوامت لا تتقيد بمكان واحدٍ في الحقل. ومن ناحية أخرىٰ من الحقيقة السمعية، كما أشار كوهين «Kuhn» ، إلى أنه عندما يتحرك مكان النطق إلى الخلف في التجويف الفمي، يمكن للرنين الصامتي أن يغيّر ولاءه من تشكيل موجي مميز إلى آخر.



الشكل 5.16: مبدأ الموقع (الموضع). يظهر القسم (A) الهوية المتنوعة الإدراك لأنماط ترددين موجيين مميزين يكون التردد الموجي الأول فيها صاعداً بينما بقي التردد الموجي الثاني ثابتاً كما هو في بدايته عند 1800 «هرتز». ولو أزيل الخمسون ميلي ـ ثانية الأولى كما هو في القسم (b) لسمعت الأنماط بوصفها (d) بصائت متغير أو متنوع (مختلف).

تختلف الأصوات في الجهر بالإضافة إلى اختلافها في مكان النطق، فهناك لكل مكان نطق صوت وقف مجهور وآخر غير مجهور. وإن دلائل الجهر هي: وجود قضيب الترددات المنخفضة أو غيابه؛ ووجود الضوضاء المشيرة إلى Aspiration أو غيابها، وتغيّر في مستهل التشكيل الموجي المميز الأول. وقد درس علماء مختبرات هاسكتز هذه التأثيرات على إدراك تحويلة التشكيل الموجي المميز الأول المضعفة تدريجياً في سلسلة من المؤثرات. فقد تمتع المؤثر الأول بقضيب جهري وتحويله تصعد من خط القاعدة، وفي مؤثر لاحق أزيل عشرة ميلي ـ ثانية من F_1، الشكل (5.17)، وأشير إلى التأخير الحاصل في F_1 نسبة إلى بداية F_2 بنقصان F_1. وتطلّب المستمعون مزيداً من نقصان F_1 حتى سمعوا /t/ بدلاً من /d/ يفوق النقصان الذي احتاجوه حتى سمعوا /b/. وبعد ذلك اهتم الباحثون بمعرفة هل كانت استجابة «عدم الجهر» عند المستمعين كامنة في التأخير وحده أو أن F_1 قد بدأ بتردد أعلى في استجابة «عدم الجهر». وأبقى

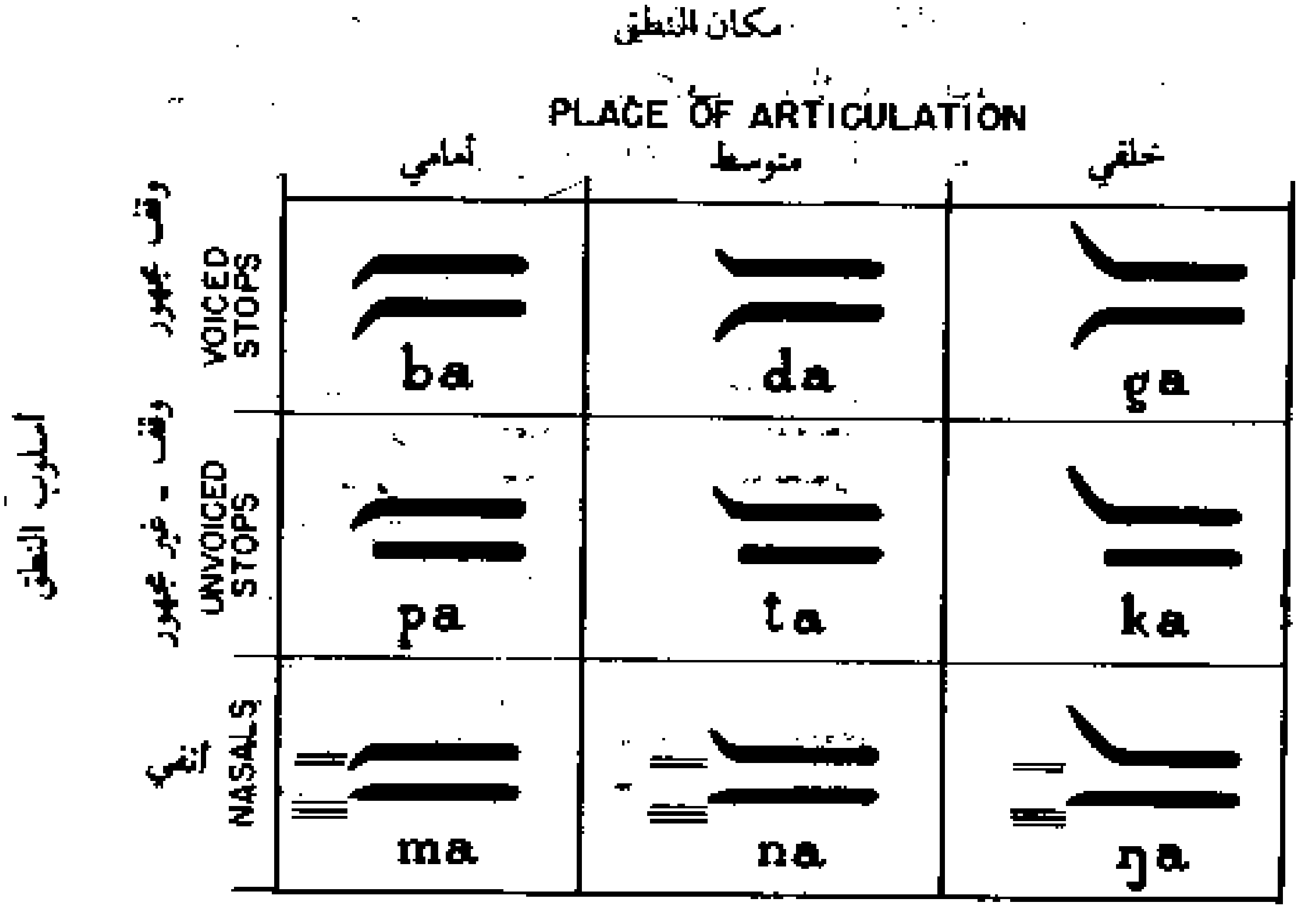
الباحثون كل شيء على ما هو، وصمموا شريطاً سماعياً تكون التغيرات فيه في تأخير F_1 فحسب، ووجدوا أن التأخير وحده كافٍ لإدراك تمييز مجهور - غير مجهور بحيث يكون الحد بين /d/ و /t/ حوالي 20 - 30 ميلي - ثانية من التأخير في F_1.



الشكل 5.17:

أنماط مصطنعة تختلف في حجم تضعيف F_1 (التشكيل الموجي الأول) يضم النمط في الزاوية العليا اليسرى قضيب جهر. يبدأ التشكيل الموجي المميز الأول والثاني والثالث في زمن واحد في نمط «O» في حين تتأخر بداية F_1 في الأنماط المتتالية، في ميلسيكندز، من خلال الزمن المبين فوق النمط

ولم تقدم ضوضاء Aspiration نفسها دليلا كافيا على أصوات الوقف غير المجهورة، لكنه عندما أضيفت هذه الضوضاء إلى التشكيلات الموجية المميزة العليا في المؤثرات مع تخفيض في التشكيل الموجي المميز الأول، تكوّن لدى المستمعين انطباع عن عدم الجهر أقوى كثيراً من ذلك الانطباع الذي حصلوا عليه عندما خُفّض التشكيل الموجي المميز الأول وحده. يلخص الشكل (5.18) أطياف قارئة النمط التي نتج عنها تمييزات إدراكية في مكان النطق، وأسلوب النطق والجهر في أصوات الوقف والأصوات الأنفية.



الشكل 5.16: مخطط توضيحي يظهر أنماطاً مركبة (مصطنعة) لصوامت تختلف في مكان النطق وطريقته.

يشير ليسكر «Lisker» وآبرامسن «Abramson» إلى أن النتائج السمعية لاختلافات التوقيت بين الأحداث البلعومية وفوق البلعومية تعمل كمركب بوصفها مركباً من الدلائل على جهر أصوات الوقف عندما تقع في مكان استهلالي في العديد من اللغات. يسمع متكلمو الإنجليزية أصوات الوقف مجهورة إن كان Vot قصيراً ويسمعونها غير مجهورة إن زاد عن 25 ميلي ـ ثانية في أصوات الوقف الشفوية، و 40 ميلي ـ ثانية في أصوات الوقف الحلقية. لاحظ أنه على قدر ابتعاد مكان نطق صوت الوقف إلى الخلف في التجويف الفمي يحتاج المستمعون إلى Vot أطول كي يسمعوه على أنه صوت وقف غير مجهور.

لقد ذكر وجود الصمت بوصفه دليلاً سمعياً في أصوات الوقف، وسيسبب إدخال صمت بين /S/ و /L/ في «Slit» إلى أن تسمع بوصفها «Split». تقوم الاختلافات

مدة الصمت في بعض الأحيان بوظيفة دليل للتمييز بين المجهور ـ غير المجهور. يمكن تركيب كلمة «rabid» بمدة صمت قصيرة، ولكن عندما تزيد مدة الصمت فوق 70 ميلي ـ ثانية يسمع المستمعون «rapid».

وأخيراً يستخدم المستمعون مدة الصائت المتصلة بمدة الصامت الأخير في محاولة الحكم على إمكانية كون الصامت الأخير مجهوراً. واستخدم رافائيل «Raphael» تكنيك قارئة النمط في اختبار إدراك المستمعون للفروق أو التمييزات الجهرية في عدة صوامت نهائية وتجمعات صوامت بما في ذلك أصوات الوقف. ووجد أن الصوامت القصيرة الأمد غالباً ما فهمت بوصفها متبوعة بصامت غير مجهور «Burke»، بينما أثارت الصوائت الطويلة الأمد إدراك صوامت نهائية مجهورة («Berg»). ويشير رافائيل إلى أن متكلمي الأنجليزية الأمريكية لا يطلقون دائماً أصوات الوقف النهائية، مما يجعل أمد الصائت السابق، من حيث المبدأ، دليلاً سمعياً مهماً.

والخلاصة أن هناك دلائل سمعية يستخدمها المستمعون في تقرير طريقة أصوات الوقف ومكانها وجهرها، وتؤدي مدة الصمت، والدفقة الهوائية وتحويلات التشكيل الموجي المميز السريعة نسبياً وظيفة دلائل سمعية على طريقة نطق صوت الوقف. أما دلائل مكان النطق السمعية فهي: تردد الدفقة المتصلة بالصائت، وتحويلات التشكيلات الموجية المميزة، وخاصة F_2. أما في المقارنة بين المجهور ـ وغير المجهور فيستخدم المستمعون عدة دلائل: القضيب الجهري، والتنفس، وتأخير F_1، وفترة الصمت، وفترة الصائت السابق. والواضح أن بعض هذه الدلائل السمعية ينشأ عن الحدث النطقي نفسه أي: Vot، فعلى سبيل المثال تمثل Aspiration المتزايدة ونقصان F_1 متلازمين سمعيين لـ Vot متزايد. ويبدو أن المستمعين يتخذون قراراتهم بشأن مكان النطق اعتماداً على أنماط التردد ويتخذون قراراتهم بشأن الجهر بناءً على أنماط التزامن أو التوقيت.

الإحتكـاكيـات وأصـوات الـوقف ـ الإحتكـاكيـة Fricatives And

لقد نوقشت الإحتكاكيات السمعيـة بنوع من الإسهـاب في الفصل الرابع، تتألف الإحتكاكيات، عندما تقع في الكلام الطبيعي، من احتكاك أو قسم تشويش ومن أقسام ملاصقة وهي تحولات من الصوائت المجاورة وإليها. وفي سبيل تقـدير الأهمية النسبية لدلائل التحولات والتشويش أزال هارس أقسام التشويش عن الأقسام الصائتة في مقاطع مؤلفة من احتكاكي ـ صائت، وأعاد تركيب المقاطع في اختبارات السّمع بوساطة لصق المقاطع ثانية. وكانت المقاطع التي استخدمت في القسم الأول من التجربة /F/، /Θ/، /s/ و /ʃ/. وقد ركب القسـم التشويشي من كل مقطع مع كافة الأقسام الصائتة. واستخدمت مرسمة تذبذبات في تحديد نقطة الفصل بالإضافة إلى سماع التبدّل من القسم ذي التردد التشويشي العالي إلى القسم الصائت ذي الشدة المرتفعة والتردد المنخفض. واتبعت الإجراءات نفسها إزاء كل من الإحتكاكيات قبل الصوائت /e/، /o/، و /u/. وتم إجراء اختبـار سمعي آخر خـاص بالإحتكـاكيات المجهورة /v/، /γ/، /ʒ/ و /z/.

وكانت النتائج واحدة بغض النظر عن الصائت المعين المستخدم. وكلّما ركب القسم التشويشي في /s/ أو /ʃ/ مع قسم صائت، أقرّ المستمعون أنهم سمعوا /s/ أو /ʃ/ على التوالي. بينما اختلفت أحكام المستمعين على /F/ و /z/ على القسم الصائت. وقد أدرك الإحتكاكيان المجهوران /ʒ/ و /z/ إدراكاً تامّاً من خلال دلائلها الاحتكاكية تماماً مثل قريبيها غير المجهورين. بينما أدرك /v/ و /ʒ/ على نحو أقلّ ثباتاً وأكبر اعتماداً على الأقسام الصائتة.

ووجد ميلر ونايسلي أن /v/ و /γ/ من أكثر الأصوات الكلامية إرباكاً للمستمعين عندما يضاف التشويش إلى المؤثر أو المنبه. وتفسّر الشدة المنخفضة في /Θ/، /ʒ/، /F/ و /v/ الصعوبة التي يلقاها المستمعون في تحديدهم (الإحتكاكيات الآنفة الذكر) من دون السياق.

وهكذا نجد أن الإحتكاكيات بوصفها مجموعة تتميز بامتلاكها تشويشاً مستمراً، ومكوناً لا دورياً، ويبدو أن المستمعين يقسّمون هذه المجموعة على مجموعتين بناءً على درجة الشدة النسبية: الإحتكاكيات الصفيرية ذات الشدة المرتفعة وهي /s,ʒ,ʃ,z/ والإحتكاكيات ذات الشدة المنخفضة وهي /Θ,ð,F,V/. ويمكن تقسيم الإحتكاكيات الصفيرية وفقاً لمكان النطق على مبدأ الشدة النسبية على الإحتكاكيات السنخية /s/ و /z/ ذات التردد المرتفع عادة، والتي تحصل فيها أول قمة طيفية عند 4000 «هرتز» والإحتكاكيات الحنكية /ʃ/ و /ʒ/ التي تحصل أول قمة طيفية فيها عند 2500 «هرتز». وتشير دراسة هارس إلى أن المستمعين يحتاجون إلى دلائل التشويش بالإضافة إلى التحولات في الصوائت المجاورة كي يقرروا مكان نطق الإحتكاكي اللساني - السني /Θ/ والإحتكاكي السني - الشفوي /v/.

ويبقى وجود القضيب الجهري، والتردد المنخفض للاهتزاز المزماري دليلين هامين جداً في التقاط الجهر في الإحتكاكيات، لكنه يمكن للمستمعين أن يدلوا بأحكام حول احتكاكي يقع في مقطع نهائي معتمدين على مدته نسبة إلى مدة الصائت السابق. واستخدم دنيس (Denis) تقنيات لصق الشرائط في تبديل مواقع الإحتكاكيات النهائية في «use» /jus/ و «touse» /juz/. وأثناء تنفيذ التبديل قصّرت /s/ الطويلة عادة، وطوّلت /z/. وقد سمعت /s/ المأخوذة من /jus/ كـ /z/ عندما لُصقت بنهاية /ju/ المأخوذة من /juz/ بسبب /u/ الطويلة قبل الصوامت المجهورة والتي تكون قصيرة قبل الصوامت غير المجهورة. وعلى العكس، سمعت /z/ المأخوذة من /juz/ كـ /s/ عندما لصقت، وراء /u/ القصيرة. وهكذا، فقد أظهرت دراسة دنيس أن المستمعين لا يعتمدون على مدة الصائت وحده دليلاً على جهر الإحتكاكي الواقع في نهاية الكلمة، بل يعتمدون على مدد الصائت النسبية والإحتكاكي معاً.

وبما أن أصوات الوقف - الإحتكاكية هي أصوات وقف بتجرير صوت احتكاكي فإنها تحتوي على الدلائل السمعية الموروثة في أصوات الوقف والأصوات الإحتكاكية. ويُعتقد أن المستمعين يستخدمون الصمت، والدفقة، والتشويش كافة. وقد بدّل رافائيل ودورمان (Dorman) مدة الإحتكاك، ومدة الإغلاق (الإنسداد) ووقت الضجيج الصاعد في ألفاظ مثل «ditch» /ditʃ/ و /dıʃ/ ووجدوا أنه يمكن استبدال

دلائل أحدها بدلائل الآخر. فعلى سبيل المثال: سنسمع /ʃ/ طويلة كأنها /ʃa/ على الرغم من زيادة في الفاصل الصامت (مدة الإنسداد) التي هي عادةً دليلٌ لـ /tʃa/. ونقول ثانية هنا إنَّ الدلائل نسبية، أي منسوبٌ بعضها إلى بعضها الآخر.

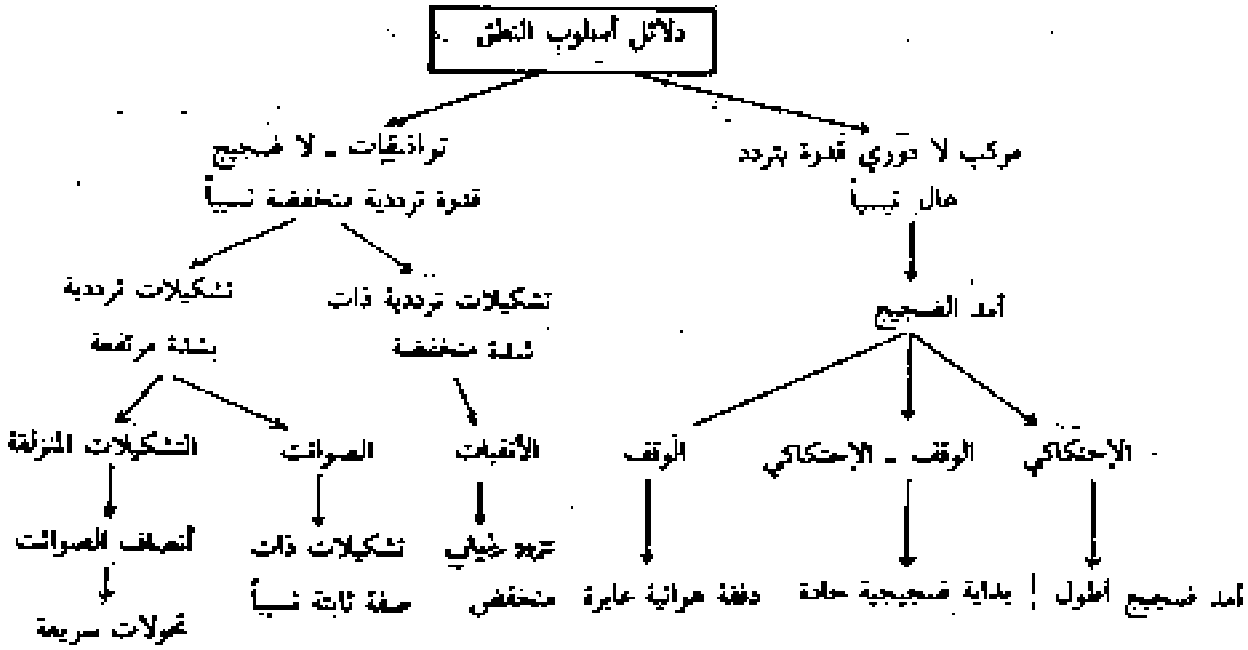
دلائـل للاسلوب والمكـان والجهر Cues For Manner, Place And Voicing

ربما كان مفيداً في تلخيص غزارة الدلائل السمعية المهمة في إدراك جزئيات الكلام أن نعيد باختصار، من خلال تقسيم الدلائل، الدلائل المهمة في إدراك الأسلوب، ومكان النطق والجهر. ولكي يحدد المستمعون أسلوب نطق صوت كلامي يقررون ما إذا كان ذلك الصوت مركباً توافقياً دوتما ضجيج مرافق (وهذا يميز الصوائت، وأنصاف الصوائت أو الأصوات الأنفية) أم أن الصوت يحتوي على مركب لا دوري (وهذا يميز أيضاً أصوات الوقف، والإحتكاكيات وأصوات الوقف ـ الإحتكاكية). تقدم الأصناف الصوتية الدورية المركبة توافقياً دلائل متمحية، في مناطق القدرة، ذات ترددات منخفضة نسبياً، وبالمقابل يُستدل على الأصناف اللادورية ذات الضجيج بقدرة عالية التردد نسبياً.

كيف يميز المستمعون بين الأصوات المركبة توافقياً من الصوائت، وأنصاف الصوائت والأصوات الأنفية؟ إن الدلائل السمعية الرئيسة المتوافرة بشأن أسلوب النطق تتمثل في شدة التشكيلات الموجية المميزة النسبية، وتغيراتها الترددية. تتميز التشكيلات الموجية المميزة في الأصوات الأنفية عن تلك الموجودة في الصوائت وأنصاف الصوائت بشدة تنخفض على نحو مفاجيء. وبالإضافة إلى ذلك، هناك رنين ذو تردد منخفض أي الدمدمة الأنفية. تمتلك أنصاف الصوائت تشكيلات موجية مميزة تنزلق في السياق من تردد إلى آخر مقارنة مع الحالة الثابتة نسبياً للصوائت والأصوات الأنفية. وتنزلق بعض الصوائت الثنائية مثل كلِّ نصف صائت لكنّ المنزلقات تكون أسرع في تغيراتها من أنصاف الصوائت على الجملة.

أما الدلائل السمعية الخاصة بطريقة نطق مجموعة الأصوات التي تتميز بمركب لا

دوري أي: أصوات الوقف، والإحتكاكيات، وأصوات الوقف ـ الإحتكاكية فهي: مدة الضجيج التي تكون عابرة عادة أو قصيرة جداً في أصوات الوقف، وتستمر مدة أطول في الوقف ـ الإحتكاكي، وتستغرق أطول أمد في الإحتكاكيات. ويظهر الشكل (5.19) الذي يلخص الدلائل السمعية لأسلوب النطق كلّ المتغيرات الصوتية الهامة. وتكمن مقارنات الدلائل السمعية لأسلوب النطق في التردد النسبي، والشدة والتوقيت.



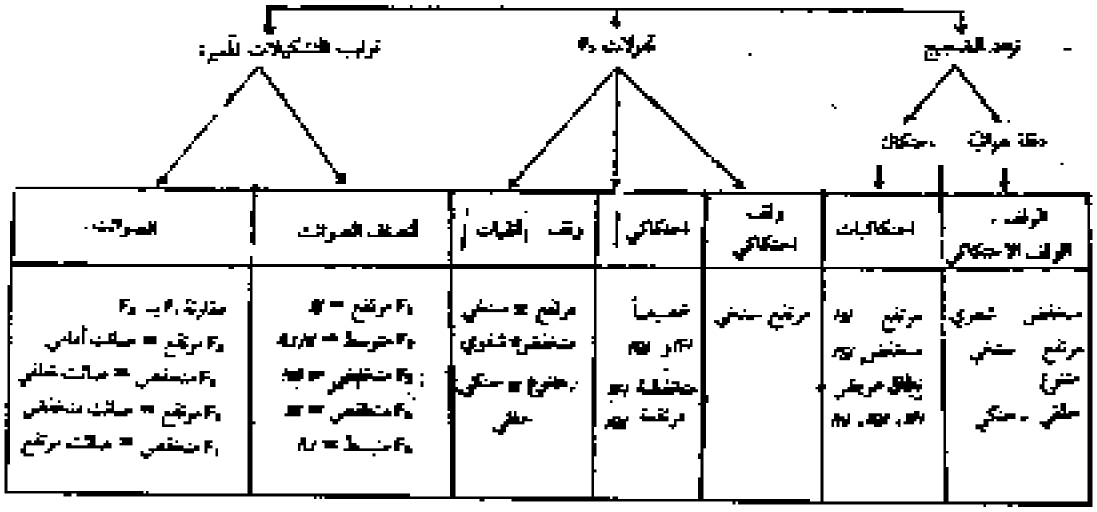
الشكل 5.19: ملخص دلائل أسلوب النطق.

تعتمد الدلائل السمعية لمكان النطق على متحول صوتي بعينه: التردد. ففي الصوائت وأنصاف الصوائت، تؤدي علاقات التشكيلات الموجية المميزة، كما رأينا، وظيفة الإشارة إلى موقع اللسان، وفتحة الفم، وطول المجرى الصوتي. وينعكس تحديد الصائت في الفراغ السمعي لـ $F_2 - F_1$ حيث يشير تردد التشكيل الموجي الأول إلى ارتفاع اللسان أو درجة انفتاح الفم، بينما يشير التشكيل الموجي الثاني إلى مكان الاقتراب الأعظمي للسان مع جدران المجرى الصوتي. وينعكس إصدار أنصاف

الصوائت أساساً في تغيرات F_2 الترددية. ويبدأ نصف الصائت /j/ بأعلى F_2. وتقع /r/ و /L/ في الترددات الوسطى، بينما تتميز /w/ بتردد منخفض نسبياً، يؤدي F_3 وظيفة مقارنة نتائج موقع قمة اللبسان السمعية في /r/ و /L/.

وهنالك دليلان سمعيان بارزان للدلالة على مكان إصدار أصوات الوقف، والإحتكاكيات، وأصوات الوقف ـ الإحتكاكية. وهما: تحولات F_2 نحو الصوائت المجاورة، وتردد مكونات الضجيج، الشكل (5.20) ويمكن القول عن الجملة، يُدرك تحول في التشكيل الثاني بموقع منخفض على أنه صوت شفوي، وبموقع أعلى على أنه سنخي، وبمواقع مختلفة تعتمد على الصائت، على أنه حنكي أو حلقي، ويستخدم تحول التشكيل الموجي الثاني للدلالة على الفرق بين الإحتكاكيات السنية ـ الشفوية واللسانية ـ السنية أيضاً.

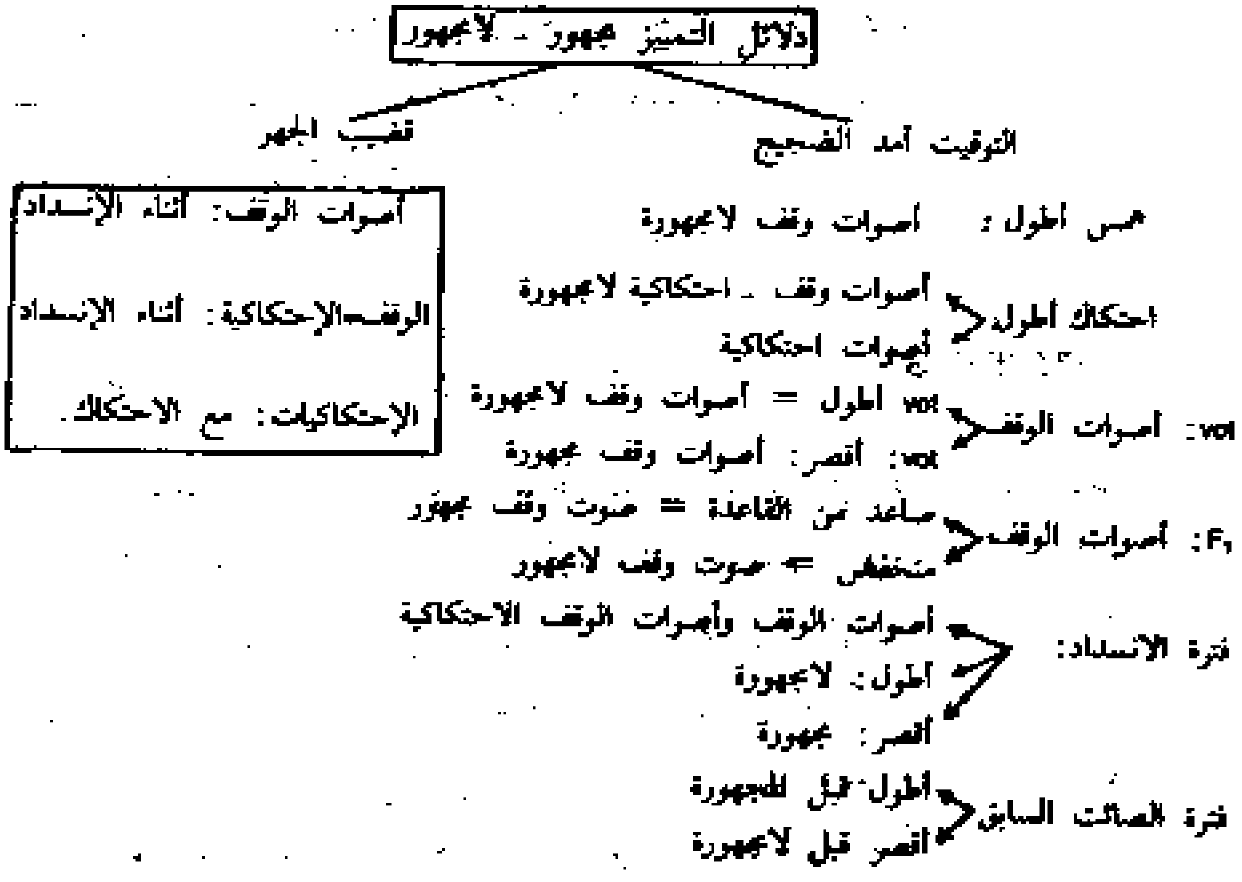
دلائل مكان النطق



الشكل 5.20: ملخص دلائل مكان النطق.

يشير تردد الضجيج نفسه إلى النطق، ويكون التردد المنخفض المنفصل عن ضجيج احتكاك /s/ غالباً فوق 4000 «هرتز» بينما يكون في / / المتراجعة إلى الخلف كثيراً حوالي 2500 «هرتز» على الأغلب. أما إذا غطى الاحتكاك طبقة واسعة من الترددات، فسيكون على الأرجح /F/، /Θ/ أو /h/. يشير تردد الضوضاء إلى مكان النطق حتى لو كان قصيراً للغاية كما في الحالة في أصوات الوقف أو أصوات الوقف ـ الإحتكاكية حيث تكون مواقع الترددات مشابهة لتلك المنعكسة في تحولات F_2.

وأخيراً، تعتمد الدلائل السمعية لإجهار الصوامت على الآماد النسبية، وتوقيت الحوادث أكثر من اعتمادها على التردد أو الفروق في الشدة، وهناك استثناء واحد هو دليل وجود قضيب الجهر أو غيابه. إن صوت الجهر الدوري المنعكس في قضيب الجهر هو نفسه مهم، لكنّ حقيقة قدرتك على همس «The tie is blue» و «The dye is blue» وإدراكك تميزاً متعلقاً بالجهرة على الرغم من غياب ذبذبة الحبال الصوتية، يشيران إلى أن التوقيت دليل مهم في إدراك فرق المجهور ـ اللامجهور في عدة طرق مختلفة (انظر الخلاصة في الشكل 5.21).



الشكل 5.21: ملخص دلائل تميز مجهور ـ لامجهور.

يدرك المستمعون الأمد الطويل نسبياً لمدة الإنسداد (السكون قبل الدفقة) وفي الهمس (الضوضاء التي تتبع الدفقة) أو الوقت الذي بين الدفقة وبداية جهر الصائت اللاحق بوصفها دلائل على القرائن غير المجهورة /p/، /t/ أو /k/، أما /b/، /d/ و /g/ المجهورة فتدرك عندما يمتلك المؤثر أمد إغلاق قصير نسبياً، وهمس ما بين الدفقة ومستهل الجهر وتأخيرهما. وينتج عن تخفيض التشكيل الموجي الأول في الكلام المركب، وإبقاء كلّ الأشياء الأخرى على ما هي في محاولة لتقليد الهمس والحصول على تأخيرات في بداية الجهر، إدراكٌ لأصوات الوقف غير المجهورة. وهكذا، فإن مقطعاً مصطنعاً مؤلفاً من صوت وقف ـ وصائت بـ F_1 صاعد من الخط القاعدي يفهم على أنه مجهور.

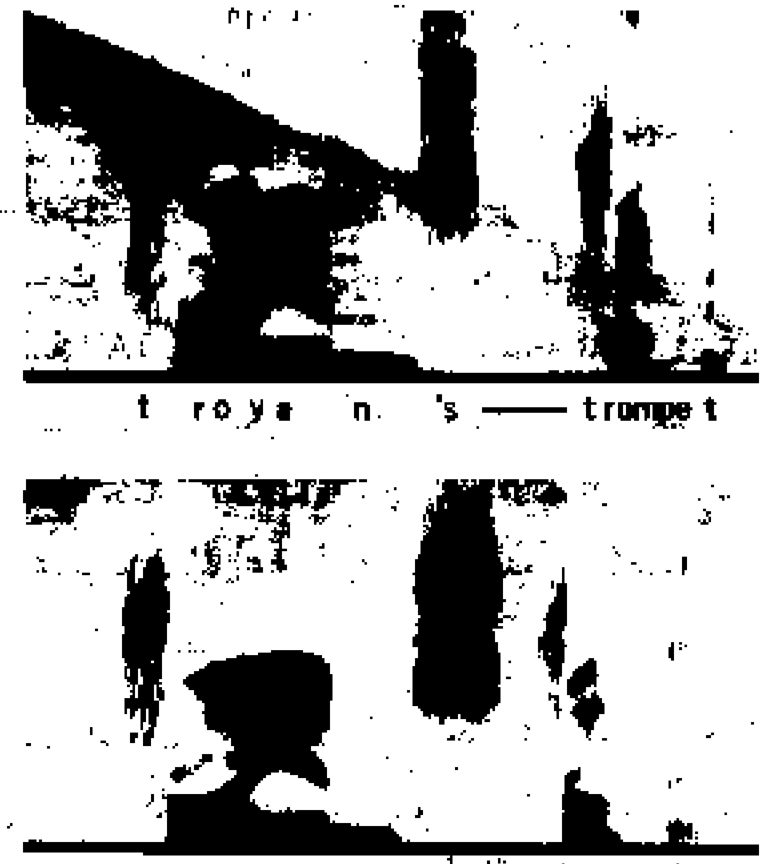
تدرك الإحتكاكيات وأصوات الوقف ـ الإحتكاكية على أنها غير مجهورة عندما يكون الإحتكاك طويلاً نسبياً، وفي حالة أصوات الوقف ـ الاحتكاكية، عندما يكون أمد الإغلاق طويلاً نسبياً أيضاً. وأخيراً، يمكن لأمد الصائت قبل الصامت الأخير أن يكون دليلاً لإدراك الإختلافات في الجهر؛ حيث تدرك الصوائت ذات الآماد الطويلة نسبياً على أنها متبوعة بصوامت مجهورة، وتدرك الصوائت القصيرة الفترة على أنها متبوعة بصوامت غير مجهورة.

◦ الفوقطعية **Suprasegmental**

لا يعرف أحد الآلية التي يستخدمها المستمعون في اقتفاء أثر التردد الأساسي، ومن ثم إدراك تغيرات جوهرية في F_0 نسميها التنغيم. هل يحفظ المستمعون بمستوى جارٍ من (التقاطع الصفري Zero - crossing في الوحدة الوحدة الزمنية؟ هل يسمعون المخرج العام لمجموعة من التوافقيات؟ لابدّ من أنهم يفعلون شيئاً من هذا القبيل لأن المستمعين يدركون التردد الأساسي المناسب، حتى لو كان غائباً طالما أنهم يستطيعون سماع البناء التوافقي الشكل من مضاعفات هذا التردد الأساسي. ومن المعلوم أنه لو قدم لمتكلمي الإنجليزية(والسويدية أيضاً) مادة كلامية مبهمة فإنهم سيدركون نمط النغمة الصاعدة على أنه سؤال، ونمط النغمة الهابطة على أنه جملة إخبارية.

ولفهم السمة الإيقاعية النبرة (Permit versus Permit) يبدو أن المستمعين يستخدمون التردد، والشدة، والفترة بوصفها دلائل إدراكية، وإنّ واحد منها هو دليل قوي قائم بنفسه، وقد أوضح فراي (Fry) أن التردد الأساسي هو دليل النبرة الأساسي.

يمكن الإستدلال على السمة الإيقاعية Juncture (التي تعلم الفرق بين «aname» و «anaim») بوساطة السكون، وإطالة الصائت، أو بسمات مثل حضور الجهور أو الهمس. إننا نود ذكر مثال استشهد به داروين (Darwin) من مسرحية شكسبير «Troilus And Cressida» حيث صرخ الحشد: «The Troyans Trumpet» التي لو أعطيت فصلاً غير مناسب من خلال إطالة فترة احتكاك /S/ في «Troyans» وتقليل الهمس في /t/ في بداية «Trumpet» لبدا كأنّ الحشد يعلن حضور مومس بارزة. انظر الشكل (5.22).



الشكل 5.22: صور طيفية لـ «Troyans' Trumpet!» و «Troyan Strumpet!».

الإعتماد على السياق Context Degendence

تبدو أهمية السياق واضحة في إدراك الكلام في استعادة كل من المعلومات القطعية وفوق القطعية وإحدى الكلمات التي نجد أنفسنا نكتبها تكراراً في هذا الفصل هي «يتصل بـ». إن أهمية التردد الأساسي في فهم النبرة تكمن في أنه يميل إلى أن يكون أعلى في المقطع المنبور أو الكلمة المنبورة مقارنة بالمقاطع أو الكلمات المجاورة. وعلى نحو مماثل، لا تحتاج التشكيلات الموجية المميزة أن تكون ضمن ترددات معينة لكي تميز على أنها صوائت، ولكن يجب أن يتصل كل بالآخر بعلاقة محددة، وأكثر من ذلك، يجب أن تدرك وفق علاقتها بترددات بعض أجزاء الكلام التي نُطق بها من المجرى الصوتي نفسه حتى يمكن تحديدها بدقة.

إن صنع أجهزة تقرأ الكلام المكتوب أسهل من صنع أجهزة تميزه؛ لأن الأحرف في الشكل المكتوب أو المطبوع هي مفردات مستقلة منفصلة يمكن تحديدها على نحو منفرد، وبعد ذلك تحدد على أنها كلمة. فالأحرف T.A.P هي جزئيات ولا تتغير، لذا يمكن لـ T أن تظهر في شكل t أو أن يتغير حجمها، إلا أنها دائماً تقريباً على شكل خط عمودي يتصل بمنتصف خط أفقي قرب قمته تقريباً. وإنه من الصعب صنع جهاز يميز الصوت لأن الصوت في [tæp] يتغير باستمرار، ولذلك فهو ليس جزءاً كما هي الحال في كلمة TAP. وإحدى الدلائل السمعة المهمة في تمييز /t/ هو التحول في القسم الأول من الصائت [æ/] بينما يزوّد التحول في قسم [æ/] الأخير المستمع بمعلومات حول /p/ اللاحقة. وهكذا، ترى أن الإنسان يتصرف في فهم الأصوات الكلامية على نحو مختلف تماماً عن أي جهاز لتميز الأصوات يعمل وفق قاعدة التدرّج.

وغالباً ما يسأل ليرمان سؤالاً يتعلق ببحثه في إدراك الكلام وهو: لماذا يفهم الناسُ الكلام على نحواً أكثر سهولة مما يقرؤون؟ يجد الناس الكلام سهلاً وطبيعياً، ومع ذلك يكون من الأسهل تصميم جهاز يقرأ الكتابة دون تمييز الكلام. وربما كانت الحال أنه عندما نتعلم كيف نتكلم ونفهم الكلام، فالكلام متشارك النطق طبيعياً ناتج عن نمط دائم التغير لا يمكن تجزئته بسهولة، ونفهمه أيضاً على أنه حدث ديناميكي

متشابه. إن خدعة فكرة الفونيم وسيلة لغوية مفيدة في تركيب هجائية أو في وصف لغة ما، إلا أنها زائفة وبعيدة خطوة كاملة من تدفق الكلام نفسه. يجب تعلم الفونيمات الأكثر تجريداً بوصفها جزءاً من نظام مفروض على الكلام ومن ثم أكثر صعوبة في جوهره.

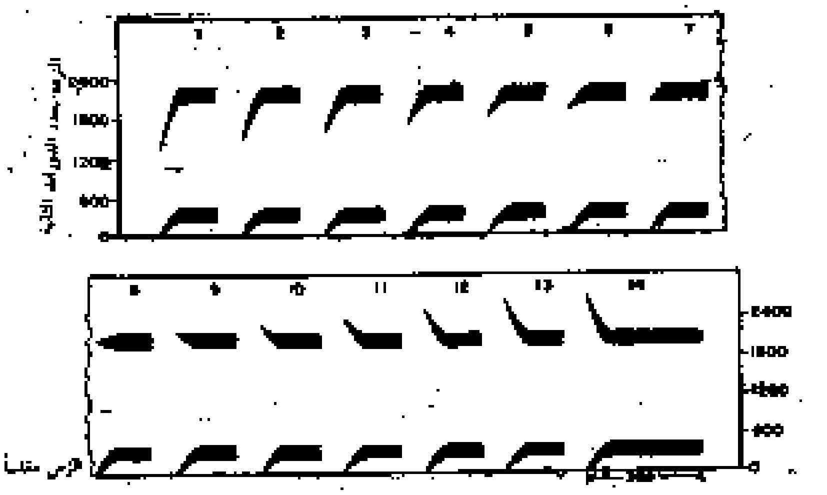
إن الأجزاء الثابتة مناسبة للأجهزة على أية حال. تتعامل الحواسيب مع معلومات مستمرة من خلال عدّها، وتجزئتها، وتعيينها بأرقام. وتكون الأبجدية التي على هذا النحو أسهل للتعامل مع الجهاز من الكلام ذي الأصوات المتشابكة المتداخلة. لكنّ الدماغ الإنساني خبير ماهر في رؤية العلائق وسماعها وإيجاد الأنماط، والتكيف مع التغير. وستتجمع المفردات في مجموعات وأصناف فيما سنناقشه في الفقرة التالية.

الإدراك التصنيفي Categorical Perception

وجد الباحثون في البحث عن الأحداث السمعية الكلامية الهامة خاصة عند المستمعين أنه ينتج عن تحول متدرج في F_2، احتوى على ثلاثة عشر تحولاً مختلفاً أو أكثر، إدراكُ ثلاثة أصوات كلامية فقط. فعلى سبيل المثال؛ عندما سمع من خضع للتجربة /ba/ كانت المؤثرات تمتلك أكثر التحولات صعوداً. وبعد ذلك، وعندما بدأت حدة التحولات تخف، أو حتى عندما بدأت بالهبوط فإنهم بدؤوا يسمعون على نحو مفاجيء /da/، وأخيراً سمعوا /ga/ في نهاية التحول الهابط من التسلسل. وعندما طلب إلى المستمعين أن يميزوا بين المفردات على طول خط التسلسل، لم يكونوا قادرين على فعل ذلك إلا عندما ميزوا أو حدّدوا المفردات على نحو مختلف. وتسمى هذه الظاهرة، ظاهرة المقدرة على تمييز ما يمكن تحديده فحسب، بـ «الإدراك التصنيفي». سنقدم تفاصيل دراسة واحدة عن الإدراك التصنيفي بوصفها مثالاً يوضح كيفية إجراء مثل هذه الدراسات.

هناك مركبان أساسيان في دراسة لإدراك التصنيفي في الكلام، يجمع الناسُ الأصوات الكلامية وفقاً للطرق التي يختارونها لتحديدها أو التعرف إليها، وأيضاً وفقاً للطرق التي يستخدمونها للتمييز بينها. وقد استُخدمت دراسةُ لبرمان، وهارس،

وهـوفمـان وجـرفيت «Liberman, Harris, Hoffman & Griffith». طبعت عـام 1957 أنموذجاً يقتفى في العديد من الدراسات حول الإدراك التصنيفي منذ ذلك الحين. ومن أجل تحكم دقيق في التردد، والشدة والفترة، فقد قدمت المؤثرات، في البداية، من كلام مركب على قارئة النمط. وقدم أربعة عشر صائتاً، كلّ منه مؤلف من تشكيلين موجيين مميزين، ويختلف كلّ منها عن غيره أيضاً باتجاه تحول التشكيل الموجي الثاني ومداه. وقد شكّل تحول F_2 الصاعد بسرعة والضروري لفهم /b/ جيدة المؤثر الأول، بينما شكّل تحول F_2 الهابط بسرعة والضروري لفهم /g/ جيدة المؤثر الأخير، وشكل المؤثر الأوسط من خلال زيادة التردد الأولي في تحول F_2 بكميات متساوية تقدر الواحدة بـ 120 «هرتز» كما هو واضح في الشكل (5.23). وبعد تسجيل المؤثرات على شريط مغناطيسي، قام الباحثون بنسخ الشريط ثم قطعه ولصقه، منتجين بذلك نوعين من الاختبارات السمعية مؤلفة من عدة مؤثرات عشوائية. وأحد هذين الإختبارين هـو اختبار التحديد، الذي يقدم فيه كلّ مفردة على حدة من أجل التحديد. أما النوع الثاني فهو اختبار التمييز، وفي هذه الحالة ترتب المؤثرات بترتيب ABX، وهنا يسمع المستمعون واحد من أربعة عشر مؤثراً من فئة (A) وبعده مؤثراً مختلفاً (B) متبوعاً بـ (X) الذي هو مثل واحد من الاثنين السابقين. ومهمة من يخضع للتجربة، بعد سماعه كلّ ثلاثي من المؤثرات، أن يقرر ما إن كانت (X) مثل (A) أو (B). وكان مقياس التميز في هذا الإختبار هو نسبة مساواة التساوي الصحيح لـ(X) مع نظيره المكافىء في زوج(AB) كان المؤثر غير المكافىء بعيداً بمقدار درجة واحدة عن (X) وأحياناً كان بمقدار درجتين أو ثلاث، أو حتى مفردات بعيدة على التسلسل المؤلف من أربع عشرة درجة.



الشكل 5.23: سلسلة صامت ـ صائت مصطنعة مؤلفة من تشكيلين موجيين مميزين: المؤثرات لـ /ba/، /da/ و /ga/.

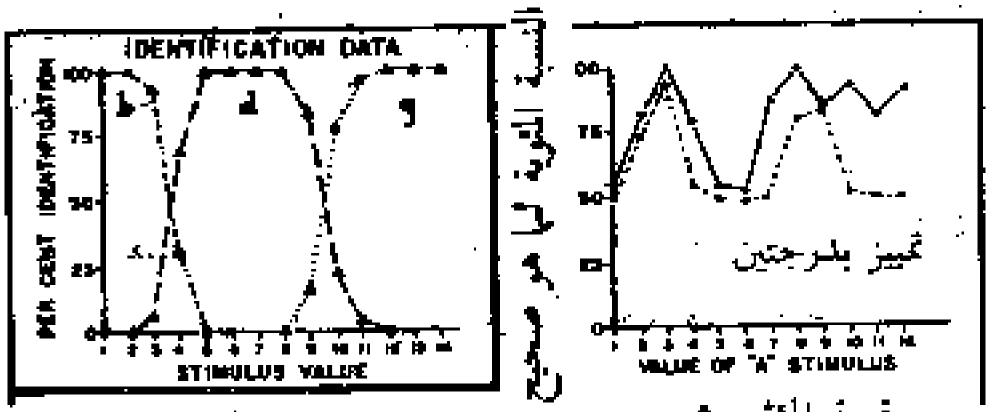
وقد أُجري الإختبار في البداية على عناصر لم تُعلم من قبلُ بطبيعة الدراسة، ولم تُعلم أيضاً بأن المؤثرات هي أصوات كلامية مصطنعة أو مركبة. وبعد عدة دورات من الإختبارات، أُخبر من أخضع للتجربة بطبيعة المؤثرات وقدّم لهم اختبار التحديد من أجل التحديد أو تعيين الماهية. ولم يقدم الباحثون أية خيارات جوابية. وبعد عدة دورات أخرى، طلب ممن أخضع للتجربة أن يحدد المؤثرات كـ (/g/,/d/,/b/)، وبذلك حددت خيارات ممن خضع للتجربة. ومن هذه النقطة وما تلاها. قُدّم اختبار التحديد أولاً متبوعاً باختبار التمييز. ولأنه لا يوجد تفضيل واضح بين اختبارات التمييز التي أعطيت قبل التعليمات وبعدها لتحديد مؤثرات اختبار التحديد كـ (/g/,/d/,/b/) فقد جمعت نتائج هذه الإختبارات معاً، ولأنّ استجابة معظم من خضع للتجربة كانت أيضاً /b/، /d/ أو /g/ في اختبار التحديد منذ البداية، حتى قبل أن يخبروا بأن هذه المؤثرات هي كلام مصطنع، ويطلب منهم أن يختاروا واحداً من ثلاثة الصوائت السابقة، فقد استخدم الخيار الإجباري، على الجملة، في بحوث الإدراك التصنيفي اللاحقة.

يظهر الشكل (5.24) نتائج لاختبار تحديد، ونتائج اختبار تمييز من درجتين عند شخص واحد. وقد بلغت نسبة تمييزه لاثنين وثلاثين عرضاً من المؤثر الأول لـ 100% /b/؛ بينما حكم على المؤثر الثالث غالباً بوصفه /b/، وحكم على المؤثر الرابع على أنه /d/، وحكم على المؤثرات من 5 - 8، على نحو قاطع. على أنها /d/؛ وحكم على المؤثرات الأخيرة على أنها /g/. وتشير الدالة الرياضية، كما هي معينة في الشكل، إلى حدٍ إدراكي يقع بين المؤثرين الثالث والرابع، وحد إدراكي حاد آخر بين /d/ و /g/ يحدث بين المؤثرين التاسع والعاشر، وكذا تمثل الدّالة التمييزية للشخص نفسه، كما هو موضح في الشكل (5.24)، نسبة الإستجابات الصحيحة لثلاثيات ABX البالغة اثنين وأربعين، والتي كانت تفضل فيها (A) عن (B) بدرجتين في سلسلة المؤثر. وتمثل النقاط عند مستوى 50% من مستوى ما هو صحيح مجرد تخمينات طبعاً. لاحظ القمتين البالغتين نسبة 100% في الدالة التمييزية. تمثل القمة الأولى، التي عيّنت عند المؤثر الثالث، استجابات هذا الشخص للمؤثرات الثلاثية ABX الواقعة بين المؤثرات 5 - 3. تذكر أن الحد الفونيمي عند هذا الشخص بين /b/ و /d/ كان بين المؤثرين

المصطنعين 3 و 4. أي: أنه ذلك القسم من مسلسل المؤثرات الذي يميزه هذا الشخص بدقة كبيرة. وكان الفاصل الإدراكي التحديدي بين /d/ و /g/ بين المؤثرين 9 و 10 في سلسلة هذا الشخص. وكان التمييز هنا، مرة أخرى، تمييزاً تاماً بين 8 و 10، وهكذا نجد أن تمييز هذا الشخص هو في قمته عند حدود الفونيمات، ويروي تمييزات أقل ضمن سلسلة المؤثرات التي حددت على أنها فونيم محدد.

مادة تحديد

نسبة التحديد



قيمة المؤثر

قيمة المؤثر «A»

الشكل 5.24: نتيجة اختبارات التحديد والتمييز، يظهر القسم الأيسر من الشكل نسبة الوقت الذي حدد به كل مؤثر بوصفه /b/، /d/ أو /g/. بينما يظهر القسم الأيمن نتيجة اختبار التمييز بدرجتين مقارنة بتوقعات استمدت من اختبار التحديد باستخدام الطريقة نفسها الموجودة في الدراسة (لبرمان، وهارس، وهوفمان، وجرفيث).

وقدّر الباحثون الدالة التمييزية المتوقعة لكل شخص خضع للتجربة معتمدين على اختباره التحديدي. واختبروا أهمية التناظر بين النتائج المتوقعة ونتائج اختبارات التمييز التي أجروها لكل الأشخاص ووجدوا أنها تناظر كثيراً مع(0,00 > P =) في اختبارات ABX الثنائية والثلاثية الدرجات. وكانت نتائج اختبارات التمييز الفعلية، على الرغم من تناظرها القوي مع النتائج المتوقعة من اختبارات التحديد، أفضل من النتائج المتوقعة. وتشير هذه الحقيقة إلى إمكانية إستخدام من خضع للتجربة معلومات سمعية بالإضافة إلى المعلومات الصوتية في إصدار أحكامهم التمييزية.

ومن المدهش ان الناس الذين يستمعون إلى أصوات شبيهة بالأصوات الكلامية، والتي تتغير بدرجات متساوية وفق بعد سمعي محدد، يمكنهم أن يميزوا بينها على نحو أفضل قليلاً من تحديدها. والحقيقة المعروفة تماماً في السمعيات النفسية أنه يمكن للناس الذين يطلب منهم تحديد طبقة النغم النسبية في النغمات الصرفة أن يميزوا حتى 3500 درجة ترددية مختلفة، ولكنهم لا يستطيعون تحديد سوى بضع منها. لا توجد علاقة خطية بين تغير التردد وإدراك طبقة النغم، لأنه يمكن للمستمعين أن يميزوا بين النغمات المنخفضة التردد(50 - 500 هرتز) حالما يجدون اختلافاً لا يبلغ سوى جزء ضئيل من «الهرتز»، أمّا عند (400) «هرتز» فإننا نحتاج إلى فرق يبلغ حوالي أربعة «هرتزات» كي يتم التميز. ورغم أنّ إدراك درجة النغم غير خطيء، فإنه عمل أو وظيفة مستمرة. لا توجد هناك تغيرات مفاجئة في مقدرة المرء على التقاط اختلافات أو فروقات في تغير التردد. وفي ضوء هذه الحقائق نجد أن الانقطاع المطلق في الوظيفة التميزية الموجود في إدراك الكلام شيء ممتع جداً، وقد أدّى إلى ظهور عدة تساؤلات في نطاق بحوث إدراك الكلام.

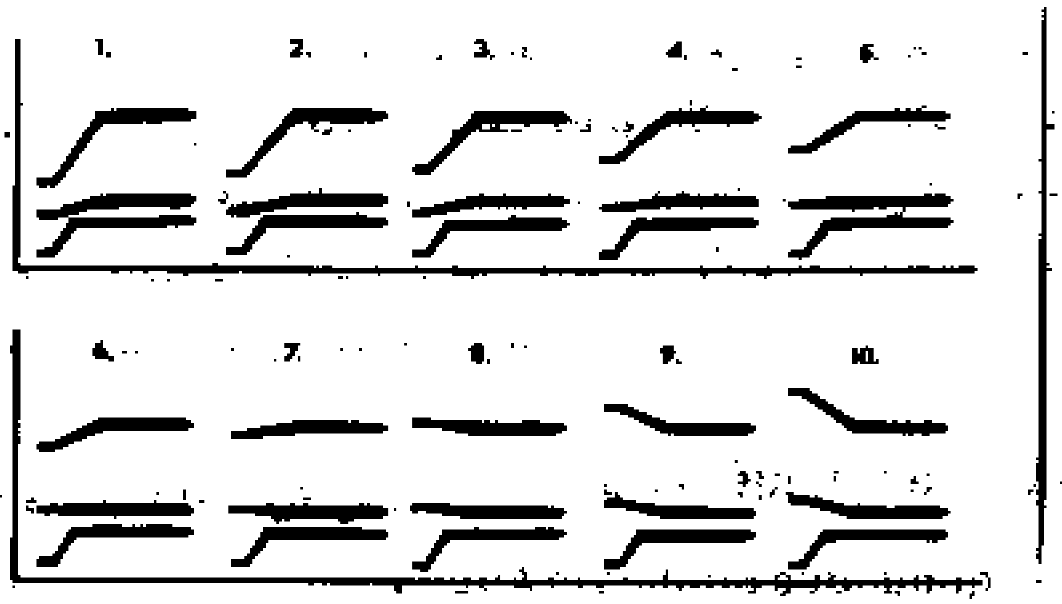
هل يفهم الناس الكلام على نحو مختلف تماماً عن فهمهم لغير الكلام؟ هل يقوّي تعلّمُ لغة بعضَ الإدراكات ويضعف بعضها الآخر؟ هل الإدراك التصنيفي فطري أم مكتسب؟ لا تجيب البحوث الأولى بشأن الإدراك التصنيفي للكلام عن هذه الأسئلة، لكنّها وضّحت الظاهرة تماماً، وأثارت الاهتمام بالبحث المفصّل في الإسهامات السمعية واللغوية النسبية لهذا التأثير.

دراسات ضمن اللغة وخارجها عند الكبار
Within - Language And Cross-Lonquaque Studies In Adults

هناك العديد من الأبعاد السمعية المميزة في الكلام التي يمكن أن تختلف بانتظام أثناء تركيب الكلام في بناء اختبارات تحديد الأصوات الكلامية وتمييزها، وقد تم تنويع الدلائل السمعية الهامة في أسلوب النطق، مثل فترة تحوّل F_2 أو وقف ارتفاع شدة الضجة، على طول تسلسل. وعندما زيدت فترات التحول بدرجات متساوية استجاب المستمعون من دون لبس أو غموض لـ /ba/ وبعدها /wa/ وأخيراً /ua/،

وتناظرت قمم التمييز مع التخوم بين الأساليب المختلفة لنطق الأصوات الكلامية. ويمكن ترتيب المساحات الضجيجية الممثلة للاحتكاك على أنها تختلف باستمرار من صعود مفاجىء إلى صعود متدرج، ويستجيب المستمعون لذلك التغير بنقلة إدراكية مفاجئة من/tʃ/ كما في «Chop» إلى /ʃ/ كما في «Shop».

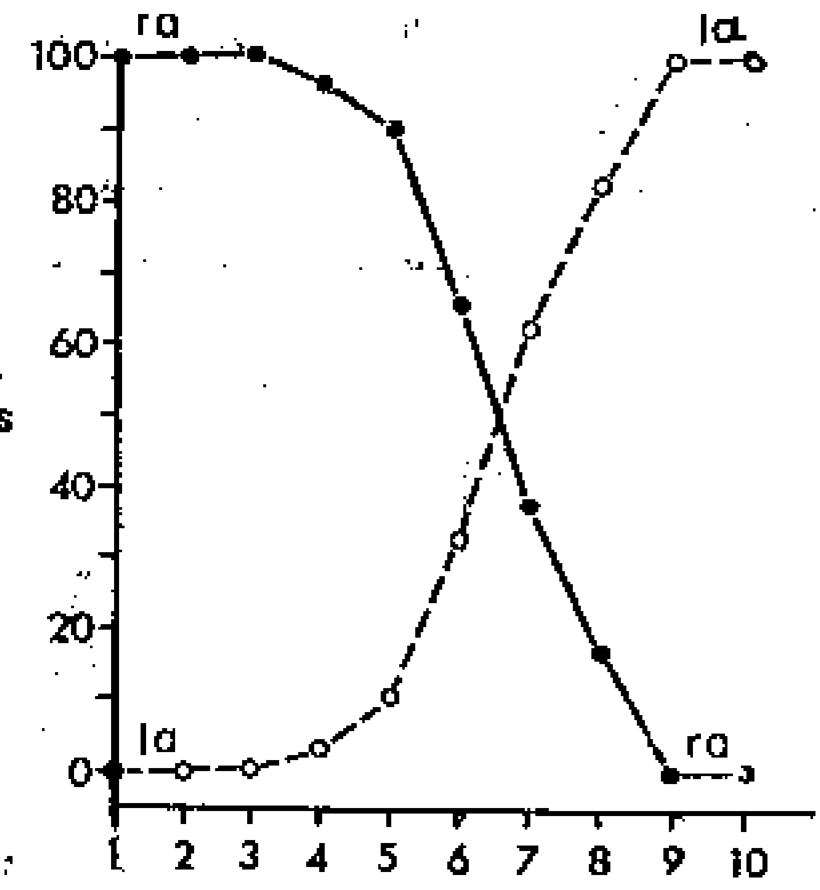
وتوعت الدلائل السمعية الهامة في إدراك الكلام بانتظام أيضاً. لقد شرحنا كيف يمكن لتغيرات اتجاه تحوّل F_2 أن توضح الإدراك التصنيفي لـ /b/، /d/ و /g/. ويمكن تركيب تسلسل من درجات سمعية متساوية من /ra/ إلى /la/ لو اختلفت تحولات F_3 على نحو مناسب. ولعلّ مثالاً واحداً لنتائج اختبار نموذجي يفي بغرض توضيح الطريقة التصنيفية التي تُدرك فيها مثل هذه التسلسلات. لقد رُكّب تسلسل من عشر درجات من /ra/ إلى /la/ على مُركّب OVE، ودرّج تحول التشكيل الموجي الثالث من تردد أولي منخفض نسبياً إلى تردد أولي عالٍ نسبياً، وتنوع تحول F_2 على نحو مشابه أيضاً ولكن بدرجة أقل، الشكل (5.25):



الشكل 5.25: تسلسل (سلسلة) من مؤثرات مصطنعة أدركت على أنها كـ /ra/ أو /la/. مثل التردد على المحور العمودي والزمن على المحور الأفقي.

وطلب ممن أخضع للتجربة أن يحدد قائمتين عشوائيتين من خمسين مفردة (قدمت كل عشر درجات ملاصقة لعشر من الأخرى وبترتيب عكسي)، وفي اختبار

التحديد هذا لحق كل مؤثر عبارة استهلالية من كلام طبيعي «Does This Sound more like Rock or lock» . تجد دلائل التحديد النموذجية في الشكل (5.26) .

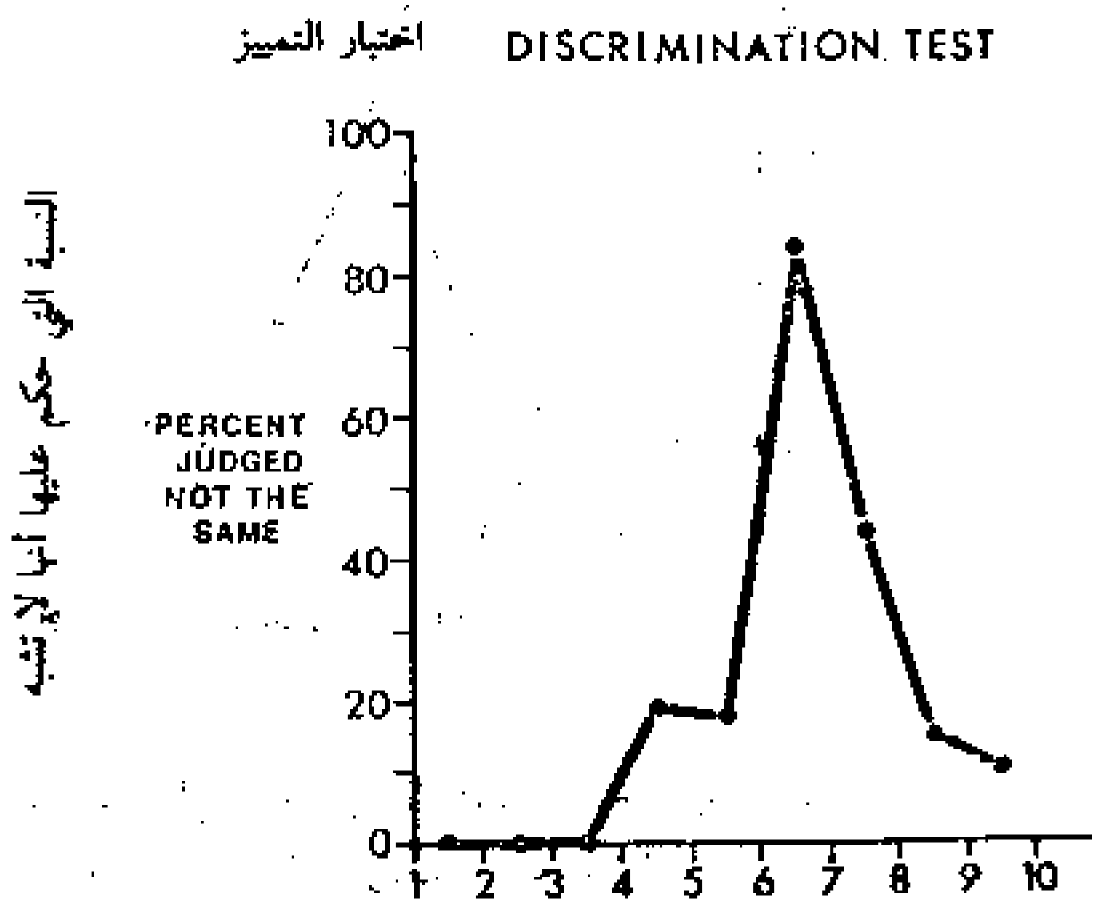


الشكل 5.26 : وظائف تحديدية لـ /ra/ و /la/.

يمثل هذا الرسم البياني الإستجابات الجماعية لأحد فصولنا في علم الكلام الذين لمّا تتخرج بعد، وقد أدركت خمسة المؤثرات الأولى جماعياً تقريباً على أنها /ra/، أما في المؤثر السابع فقد كان المستمعون يخمنون تخميناً فحسب، ولم يسمع أي منهم المؤثرات من 8 – 10 على أنها /ra/. وتمثل الصورة العكسية لرسم /ra/ البياني الدالة التحديدية لـ /la/. وهكذا نجد أن الحد الإدراكي بين /ra/ و /la/ قد حدث عند هؤلاء المستمعين بين المؤثرين 6 و 7.

وقد ركّبت مؤثرات من التسلسل نفسه على هيئة زوج في اختبار تمييز من شكل AX مستخدماً فيها اختلافات أو فروقات من درجتين أو ثلاث درجات. وعندما رتبت

الأزواج في كل ترتيب ممكن، تم الحصول على ثمانية وأربعين مؤثراً، وصنعت عشوائياً في أربع مرات. ويتقدم كل زوج من المفردات السؤال الآتي وهو بكلام طبيعي «Do these sound the same or different»، وتمثلت الاستجابة بوضع إشارة أما على العمود المعلم بكلمة «صحيح» أو على العمود المعلم بكلمة «مختلف». وتظهر الدّالة التمييزية في المؤثرات ذات الخطوة الأولى في فصل علم الكلام، كما هي معتنية في الشكل (5.27)، قمة تمييزية حاصلة كما أشار إلى ذلك اختبار التحديد، أوضح منه ضمن الأصناف الفونيمية. ولم يميز المستمعون الفروق التي ليست بفروق فونيمية (تلك التي تقع ضمن مجموعة من المؤثرات حددت بوصفها فونيماً واحداً).



الشكل 5.27: الدالة التمييزية لأزواج المؤثرات المتجاورة في الشكل (5.25).

ومثلما هي الحال في اختلافات الإدراك المطلق في الأسلوب ومكان النطق، أظهرت استجابات اختلافات بسيطة مستمرة في VOT إدراكاً تصنيفياً في الجهر. ومن خلال زيادة VOT في درجات متساوية يمكن تركيب سلسلة يمكن فهمها على غرار ما أننا نذهب من /ba/ إلى /pa/، ومن /da/ إلى /ta/ أو من /ga/ إلى /ka/. وهنا

يجمّع المستمعون المؤثرات في أصناف مجهورة وغير مجهورة وهم محسّون بالفروق بين المؤثرات عند الحدود الفاصلة بين الجهر وغير الجهر، بينما نجدهم غير محسين نسبياً بفروق متساوية في VOT ضمن الأصناف.

وقد تم تأكيد ظاهرة الإدراك التصنيفي في الصوامت من خلال التباين في الأسلوب، والمكان والجهر، أما في الصوائت، فالنتائج مختلفة قليلاً. فقد أظهر فراي. وأبرامسون، وإيماس ولبرمان «Fry, Abramson, Eimas & Liberman» أن سلسلة من / إلى /ع/ فـ / / لا تظهر العلاقة الوثيقة نفسها بين الدالآت التحديدية والتمييزية. فعندما تكون الصوائت أقصر ومضمرة في سياقات CVC، كما يروي ستفنس، تكون العلاقة التمييزية ـ التحديدية أقرب إلى حال الصوامت.

وبما أن الصوائت الثابتة الصفة والنغمات غير الكلامية لا تدرك على نحو تصنيفي، بينما تُدرك الصوائت المضمرة والصوامت على هذا النحو، يبدو، من ثمّ أن المستمعين يدركون المؤثرات المتغيرة بسرعة على نحو مختلف من إدراكهم المؤثرات الثابتة.

وأحد المظاهر المهمة للإدراك التصنيفي هو التأثير الذي يمكن أن يكون للمعرفة اللغوية في الأصناف أو الفئات المدركة. وبحثُ أننا قدّمنا لمؤثراتنا /ra/ و /la/ بأمثلة منطوقة باللغة الأنجليزية هو أن ايلمان. وديهل وباجولد «Elman, Diehl & Buchwald» قد وجدوا أن الإعداد اللغوي الذي يمتلكه المستمعون عندما يحاولون تحديد مادة كلامية قادرٌ على تغيير الحدود أو الفواصل بين الفئات أو الأصناف. يقسّم الأشخاص الذين يتكلمون لغتين مثل هذه المؤثرات وفقاً للتباين الفونيمي في اللغة الخاصة التي كانوا يستخدمونها مباشرةً قبل كل مؤثر.

وقد راجع سترينج وجنكز «Strange & Jenkins» عدة دراسات لمتكلمي لغة واحدة ومتكلمي لغتين، وتقدم هذه الدراسات دليلاً على أن تجربة لغة الكبار يمكن أن تؤثر في إدراكهم. إذ يستخدم متكلمو الإسبانية والفرنسية والتايبه مثلاً، مبدأ VOT مختلف في التباين الجهري عن ذلك الذي يستخدمه المتكلمون الإنجليز. ويدرك المتكلمون اليابانيون، الذين لا يفرقون بين /r/ و /l/، تغيرات متساوية في F_3 في

تسلسل من /ra/ إلى /la/ على نحو مختلف عن الأسلوب المؤلف من صنفين الذي يدركه متكلمو الإنجليزية.

ولأنه يبدو أن الإدراك التصنيفي هو صفة تخص اللغة ويتصل اتصالاً وثيقاً بالتباين الفونيمي الذي يصنعه المستمعون، فقد دهش الباحثون عندما اكتشفوا أن المخلوقات ذات الخبرة الضئيلة جداً باللغة (الحيوانات والرضع) تميز المؤثرات الشبيهة بالكلام على نحو يبدو كأنه مرتبط بالإدراك التصنيفي.

دراسات الرّضع Infant Studies

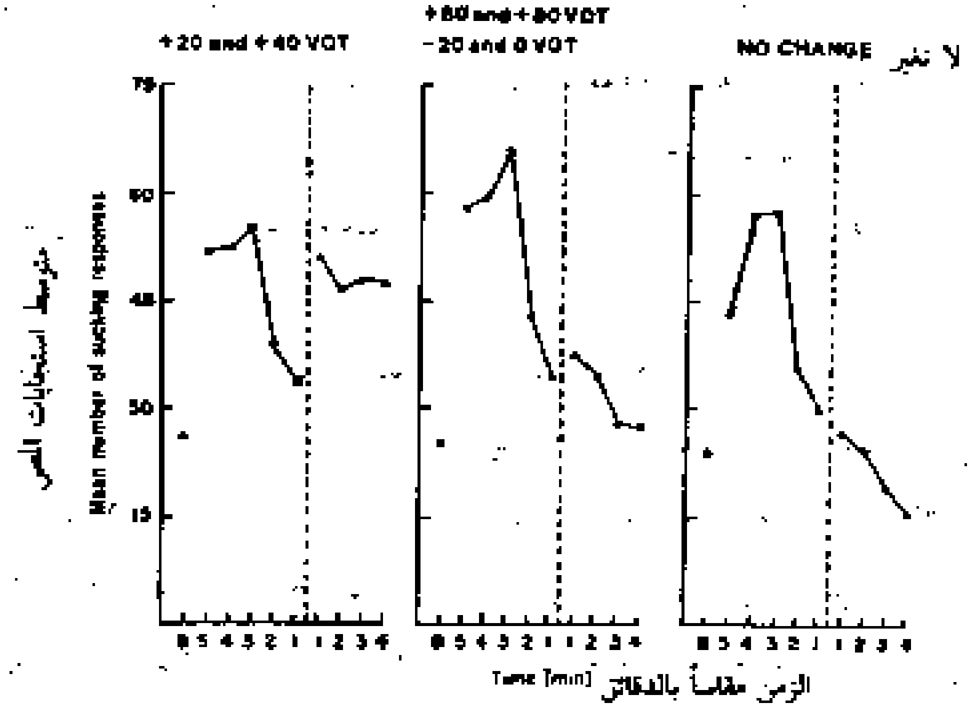
نشر تقرير إيماس، وسكويلاند، وجيسكي وفيجريتو Eimas, Siqueland, Jusc zyk Vigorito في دورية «Science» عام 1971. فقد راقبوا رضّعاً يمصّون مصاصة تتصل بسلك متصل بمحول يسجل الإستجابات الفورية لأصوات كلامية مركبة تختلف بزيادات في VOT (ابتداء الجهر*) قدرها 20 ميلي ثانية. واستجاب الأطفال الذين بلغت أعمارهم شهراً واحداً للمؤثرات الجديدة بتغير في المص. وسجّل الباحثون نسبة الخط القاعدي لعدد المصات في الثانية أو معدّله عند كل رضيع، وبعد ذلك، قدموا كل مؤثر سمعي بدرجة كثافة اعتمدت على معدّل المص. وقد استمر الصوت بشدة عالية ما دام الرضيع يحافظ على نسبة استجابات مص عالية. وعندما تضاءل معدل المص، كذلك كانت الحال بالنسبة إلى ارتفاع الصوت. وعلى النحو الأنموذجي، استجاب الرضع بزيادة معدّل مصهم. وبعد عدة دقائق، ومع تناقص حدّة المؤثر، تضاءلت استجابة المص تدريجياً. وقد سمح لهذا النقصان في معدل الاستجابة، المعروف بالتعود، أن يستمر لمدة دقيقتين. وبعد ذلك قُدم مؤثر VOT مختلف تماماً ولمدة عدة دقائق. يمثل الشكل (5.28) مخططاً بيانياً لمتوسط الإستجابات عند مجموعة أطفال تبلغ أعمارهم أربعة أشهر.

تُمثل النقاط على يسار اللوحات الثلاث الخط القاعدي لمعدل المص؛ ويتزايد معدل الاستجابة بوجود التقوية الصوتية للمص كما هو واضح من معدلات المص المعينة إلى يسار الخط العمودي المتقطع، تلك التي في الدقيقة 5، 4 و 3 قبل التحول

---

* ابتداء الجهر: الوقت الذي يبدأ فيه اهتزاز الوترين الصوتيين بعد انهاء الإغلاق

في المؤثر. وهكذا، فقد بدأ الرضع يتعودون على المؤثر. وانخفض معدل المص، يمثل الرسم إلى اليسار ما حدث عندما كان المؤثر الأول صوتاً شبيهاً بـ /ba/ وبـ VOT مقداره 20 ميلي ـ ثانية، وتحوّل على نحو مفاجيء إلى صوت شبيهه بـ /pa/ و VOT مقداره 40 ميلي ـ ثانية. ونجد هنا أن معدّل المص قد ارتفع على نحو مفاجيء مما يدل على أن الرضع سمعوا هذا التحول بوصفه شيئاً جديداً تماماً. ولا تكشف اللوحة في منتصف الشكل أي قفزة شبيهة في استجابات المص على الرغم من اختلاف المؤثرات بعشرين ميلي ـ ثانية في VOT. وفي هذه الحال كان المؤثر الأول + 60 VOT وتغير إلى + 80 VOT (وأدرك الكبار هذين المؤثرين على أنهما /pa/) أو — 20 VOT وتغير إلى 0 VOT (حيث أدرك الكبار هذين المؤثرين على أنهما /ba/. لم يستجب الرضع إلى هذه التغيرات بتزايد كبير في معدل المص.



الشكل 6.28: متوسط إستجابات المص عند رضع يبلغون أربعة شهور في ثلاثة شروط تجريبية. تمثل (B) الخط القاعدي قبل تقديم المؤثر، تظهر كل لوحة المص على أنه دالة زمنية بتغير في المؤثر عند النقطة التي يمثلها الخط المتقطع، أو في الزمن المتوقع حدوث التغير فيه كما في اللوحة في أقصى اليمين. أما في أقصى اليسار فيباعد المؤثر بين الحدود التصنيفية بين /b/ - /p/ للكبار، بينما نجد في لوحة المنتصف أن المؤثرات المتباينة هي ضمن صنف أو فئة واحدة. (فونيم واحد).

واستنتج الباحثون من هاتين الدالتين أن الأطفال يدركون المؤثرين الأولين على أنهما مختلفان، ولكنهم لا يدركون المؤثرين الواقعين في المنتصف على أنهما مختلفان. يمثّل الرسم الواقع في يمين الشكل حالة الضبط والسيطرة، واستمر التعود عندما كان التحول شبيهاً تماماً بصوت المؤثر الأول حيث لم يؤدِ إلى أي تحول في حالة الضبط. لم يكن هناك أي تغير مفاجىء في سلوك المص كي يشير إلى إدراك أي تغير. وخلص إيماس وزملاؤه إلى القول إن الرضع الذين لم يبلغوا سوى شهر واحد يبدون كمن يدرك التغيرات السمعية في تسلسل كلامي ضمن الأصناف العامة نفسها كما يفعل الكبار تماماً.

وقد ظهرت العشرات من الدراسات حول إدراك الرضع منذ ظهور هذه الدراسة الأساسية. وتغيرت الوسائل والطرق. ويجد الباحثون أنه ربما أمكنهم الحصول على نتائج أكثر موثوقية وواقعية من خلال تكييف الرضع لأن يلتفتوا وينظروا إلى دب متحرك أو أي لعبة متحركة أخرى وظيفتها التقوية والتعزيز. (لكنّ الرضع دون الستة أشهر غير ناضجين حركياً كي يديروا رؤوسهم). يعدّ الرضيع للنظر إلى لعبة استجابة لصوت معين فحسب، وبعدئذٍ ترسل الأصوات المتشابهة أو المختلفة سمعياً كي يُرى إن كان الرضيع يدركها متشابهة أو مختلفة. وقد ذكر كول، «Kuhl» من جامعة واشنطن أن الرضع البالغين ستة أشهر فحسب، والذين اختبروا ضمن هذه التقنية، قد أشاروا إلى إدراك تباين ضمن الصوائت، وتباين ضمن الصوامت أيضاً حتى عندما كانت الاختلافات في درجة النغم، أو المتحدث أو حتى السياق الصوتي. واكتشف «Jusczyk» أنه يمكن للرضع أن يدركوا التباين الموجود في الصوامت في بداية الكلمات أو وسطها أو نهايتها، ويمكن للأصوات أن تكون في مؤثر مؤلف من مقطع واحد. وموضوع تقرير إدراك الرضع للسمات المتباينة في السمات فوق ـ القطعية بحاجة لمزيد من البحث، ولكنّ هناك دليلاً على أن الرضع يدركون المؤثر المحتوي على نبرة متباينة.

والسؤال الذي يظهر إلى الوجود من الدليل المتزايد بشأن مقدرات الرضع الإدراكية هو هل أن الرضع «مولفون» فطرياً لالتقاط التباينات المهمة لغوياً، أو أن الفروق التي يدركونها هي نتيجة سمات النظام السمعي دون الرجوع إلى اللغة. من

الواضح أن الرضع يقومون بتميزات سمعية. وحتى الآن، لا يمكننا الجزم بأنهم يقومون بتميزات صوتية أيضاً. وموضوع التمييزات التي يقوم بها الأطفال عالمياً، على الرغم من المحيط اللغوي، بحاجة لمزيد من المعلومات، وأكثر من ذلك نحن في حاجة إلى معلومات كثيرة حول كيفية تأثير تعلم اللغة في المقدرات الإدراكية عند الرضع. ما التمييزات التي تصبح أكثر حدة وقوة؟ وما التمييزات التي تضعف وتموت؟

الدراسات على الحيوانات Animal Studies

أُلقي الضوء على هذه المسألة من خلال اكتشاف مخلوقات غير إنسانية يمكنها أن تدرك تغيرات سمعية في تسلسل صوتي شبيهة بالكلام على نحو يمكن أن يسمى بالطريقة التصنيفية. فقد راقب مورس وسنودن (Morse & Snowden) معدل نبض القلب عند القرد الهندي استجابة لتغيرات في F_2 و F_3 تعلم أو تحدد تمييزات في مكان النطق بالنسبة إلى الإنسان. ودرّب ووترز وويلسن (Waters & Wilson) قردة هندية كي تتجنب صدمة متصلة بصوت كلامي معين مركب، وهكذا، استطاعا قياس إدراك القردة لتغيرات vot. واستخدم كول وميلر تقنيّة الوقاية من الصدمة في دراسة تباين vot عند الشنشيلة*. وتظهر النتائج أن هؤلاء المستمعين من غير البشر يظهرون تمييزاً متزايداً عند حدود الأصناف عند الكيبلو. وتشبه استجابات الشنشيلة استجابات الإنسان أكثر من مشابهة استجابة القردة الهندية لاستجابات الإنسان. وربما كان مبعث ذلك أن أنظمة السمع عند الإنسان وعند الشنشيلة متشابهة إلى حد كبير.

وربما كانت الحال أن الإدراك التصنيفي للتسلسل الكلامي الذي نجده عند المتكلمين الكبار، والذي نعرف أنه متأثر كثيراً بالتجربة اللغوية، يعتمد على السمات العامة للنظام السمعي وهو يوجد عند الرضع من بني البشر أيضاً وعند بعض الثدييات الأخرى. وربما استفادت اللغات من الإمكانية القصوى لسمات النظام السمعي هذا في تطوير الأنماط المتباينة التي تعبر عن اختلافات في المعنى. وهناك نظريات حول كيفية إمكانية تداخل هذه المستويات السمعية والصوتية في تحليل المؤثرات السمعية المركبة في إدراك الكلام.

* الشنشيلة: حيوان من جنوبي أمريكا من فصيلة القوارض شبيهة بالسنجاب (المورد).

التحليل الصوتي والسمعي Auditory And Phonetic Analysis

إننا نعرف أنه يمكن أن ينتج عن حدث محدد سماعياً استجابة شخص على أنه (أو أنها) سمع (أو سمعت) /ba/. وأكثر من ذلك، يمكن للمستمع أن يقول إنّ الصامت الأول كان /b/، وبما أننا نعرف أن الدلائل السمعية لـ /b/ محمّلة على الدلائل السمعية الخاصة بـ /a/ يجب أن يحلل المستمعون عندئذ الحدث على المستوى السمعي في تحديد /ba/ (يجب أن يسموه)، وكذلك على المستوى الصوتي كي يستخلصوا /b/ (يجب أن يقسّموه). والسؤال الذي يظلّ من دون إجابة هو كيف يتم التحول من الإدراك السمعي إلى الإدراك الصوتي؟ كيف تستعاد الفونيمات إدراكياً منفصلةً ومستقلة ثانية. هل تُلتقط السمات، وإن كان الجواب «نعم»، هل السمات سمعية أم صوتية؟ هل يُحلل المقطع وحده أم تحلل وحدة أكبر منه بوصفها كلاًّ متكاملاً.

لقد رأينا أن الإدراك التصنيفي يمكن أن يتأثر بالمعاملة الصوتية، أي: تختلف الحدود الفونيمية باختلاف اللغات، ومن وجهة أخرى، يبدو أن نتائج الدراسات على الرضع والحيوانات تقررها عوامل سمعية لا صوتية، ومنهج آخر في محاولة فصل العوامل السمعية عن العوامل الصوتية هو محاولة تفحص سلسلات متصلة غير كلامية ومعقدة سمعياًوقد دلت بعض التجاربعلى أنه يمكن إدراك بعض السلسلات المتصلة غير - الكلامية على نحو تصنيفي. وقد ركب كلتينك وروزنر (Culting & Rosener) سلسلة متصلة غير كلامية من مؤثر شبيهه بالموسيقى، ويختلف في الوقت الصاعد فقط، ووجدا أن الأشخاص قسموا على نحو تصنيفي مجموعة المؤثرات على مجموعة ذات زمن صاعد سريع رنّت كنقرة أوتار الكمان، ومجموعة ذات زمن بطيء الصعود ورنت كنقر أوتار كمان مقوسة. وقد قورنت هذه النتائج بتصنيف الأشخاص أنفسهم للتدرج من /tʃ/ إلى /ʃ/ الذي اختلف على نحو مماثل في زمن الصعود أيضاً، وفي كلتا السلسلتين، وقعت قمة التمييز عند حدود التحديد، وبقي التمييز ضعيفاً في المؤثرات الواقعة ضمن كل فئة أو صنف، ودرسا أيضاً سلسلة متصلة أبسط سمعياً ووجدا أن النغمات الخالصة التي تدرجت بزمن الصعود حددت على نحو ثابت، أو غير منسجم، لكنها كانت متشابهة في قمم قمة التمييز بقيم المؤثر الموسيقي، وهكذا يبدو

أن التدرج في زمن الصعود يُدرك علي نحو تصنيفي بغض النظر عما إن كان كلاماً أو سواه.

واقترح بيسوني (Pisoni) أن الإجراءات المستخدمة في اختبار المستمعين يمكنها هي نفسها أن تؤثر التحليل الصوتي أو السمعي للمؤثرات بسبب تركيز بعض الطرق على فعل الذاكرة أكثر من غيرها. والطريق المتبعة، عادة، في اختبار التمييز في هذه الدراسات هي تقنية ABX التي يسمع فيها المستمع A وبعدها B (مختلفة والتي) متبوعة بـ (X). وعليه أن يذكر إن كنت X أكثر ميلاً أقليلاً لـ A أو B. وتقنية أخرىٰ هي طريقة (الكرة المختلفة) التي يسمع فيها المستمعون مؤثراً ثلاثياً يختلف فيه مؤثر عن المؤثرين الآخرين، ومهمة المستمع أن يلتقط المؤثر المختلف، وقد أظهرت دراسة لبيسوني ولازاروس (Lasarus) أن 4/AX (تقنية الخيار الإجباري ذي الفواصل الأربع) التي يُسأل فيها المستمع «أيّ زوج هو أكثر تشابهاً». ومفردات الإختبار هي AA، AB أو AA AB ينتج عنه تميز أفضل أي: تحليل سمعي. واقترح المؤلفان أن الإختلاف في النتائج تفسّره الحمولات المختلفة على الذاكرة القصيرة المدىٰ للمهمات المختلفة. ويضع أنموذج AX على الذاكرة القصيرة المدىٰ حلاً أخف من التقنيات الأخرىٰ.

وتعتمد مجموعة أخرى من التجارب التي تتعلق بالتمييز بين المستويات السمعية والصوتية في التحليل الكلامي على التكيف.

دراسات التكيف Adaptation Studies

لو سمع مستمع إحدىٰ نهايات سلسلة متصلة شبيهة بالكلام مثل /da/ على نحو متكرر على سبيل المثال، وبعدها قدمتْ له السلسلة المتصلة العشوائية العادية من /da/ إلى /ta/ من أجل التحديد فإنّ الحدّ بين الفونيمات الذي سينتج عادة سوف يتحول نحو نهاية /da/ من السلسلة المتصلة. أي: يحدّد المستمع، بعد تعرضه للعديد من الأصوات القوية الشبيهة بـ /da/، مزيداً من المؤثرات نفسها على أنها /ta/. وهكذا كُيِّف إدراك vot؛ وسوف يدرك المستمع، بعد سماعه عدة إشارات من النهاية المجهورة للسلسلة المتصلة، زيادة صغيرة في vot وكأنها تغير نحو الفئة غير المجهورة.

يمكن تفسير هذه النتائج من خلال نظرية تفترض وجود لاقطات للسمة الصوتية. فلو كان هناك، في النظام العصبي، عصبونات متخصصة، في توليفها، لالتقاط السمات المتباينة لغوياً لأمكن، عندئذ، للاقطات الخاصة التي تستجيب لقيم صغيرة في vot، والتي تناظر مع أصوات الوقف المجهورة على سبيل المثال، أن تصاب بالتعب والإرهاق من خلال العرض المتكرر لـ /da/. وعندما يتعب لاقط الجهر، عندئذٍ، سيحدد الأشخاص كثيراً من المفردات في السلسلة المتصلة على أنها غير مجهورة.

وظهرت عدة دراسات حول التكيف عقب ظهور بحث إيماس وكوربت (Corbet) عام 1973. وقد راجع داروين هذه الدراسات مفصّلاً؛ ومع تراكم مادة البحث، يبدو جلياً الآن أن عدة تفسيرات لهذه الدراسات ممكنة، لكن دراسات التكيف تظهر، على أية حال، أنه يمكن أن يكون للعوامل السمعية تأثير كبير في الإدراك التصنيفي، مثلما تظهر الدراسات غير اللغوية أهمية العوامل الصوتية تماماً.

الإدراك التصنيفي والتعلّم Categorical Perception And Learning

لقد ذكرنا الدراسات غير اللغوية التي تظهر تأثير لغة ما في فهم الحدود الفونيمية. ويمكننا أن نستخلص من تلك الدراسات أن التعلم يساهم في الإدراك التصنيفي، فضلاً عن أنّ هناك العديد من الطرق الأكثر قرباً التي درسها العلماء والباحثون بشأن تأثير التعلم على الإدراك التصنيفي: بوساطة التمرين والتدرب المباشر في المختبر، من خلال تأثير التعلم على الإدراك عند أطفال يلاقون معالجة كلامية تتصل بداء أو علّة كلامية، ومن خلال اختبار متعلمي لغة ثانية. لكنّ البحوث معدودة، على أية حال، والنتائج لم تزل تجريبية. وقد نجح ستربنج في تدريب متكلمي الإنجليزية على تحسين التمييز داخل الفونيمات في سلسلة vot متصلة، ولكنه وجد أنه لا يمكن تعميم التدريب على سلسلة vot المتصلة بأصوات كلامية في مواضع نطقية أخرى. حيث لا يوجد هناك أي أثر للتدرب على مؤثرات vot الشفوية في تمييز مؤثر vot الواقع عند قمة اللسان. ووجد كارني وودن (Carney & Widdin) تحسناً كبيراً في مقدرة الشخص

التمييزية بعد التدرب. واستخدمت عدة مؤثرات vot شفوية بوصفها مقاييس مرجعية. وقد دُرب الأشخاص على سماع الاختلافات بين كل قياس والمؤثرات الأخرى في أزواج مؤلفة من AX، مع تغذية إرجاعية مباشرة. وبعد ذلك أمكن تدريب المستمعين على الإفاضة بتمييزات سمعية لاصوتية في مثل تلك السلسلات المتصلة.

ومن الصعب مقارنة الدراسات التطورية لأنّ عدداً قليلاً منها فقط استعمل مؤثرات محددة بدقة، وعدداً قليلاً آخر فقط اختبر التمييز داخل الفونيمات. ويُظهر البحث بشأن إدراك الرضع أن الأطفال يميّزون على نحو متشابه، بغض النظر عن المجتمع اللغوي الذي ولدوا فيه. إذ يمكنهم، مثلاً، سماع الاختلافات بين + 20 vot و + 60 vot وبين 20 vot و – 60 vot. ولا يميز الرضع بين – 20 vot و + 20 vot. ويمكن أن يتمثّل السببُ في أن الأصوات المتمتعة بـ ± 20 vot يمكن أن ترنّ كأنها حدث واحد، في حين ترنّ الفجوة الزمنية االكبيرة بين الدفقة وبداية جهر الأصوات كأنها حدثان. ويبدو أن إدراك الكلام يبدأ بمقدرة فطرية في صنع بعض التمييزات السمعية المحددة، ويشير ستيفنز وكلات (Klatt) إلى حقيقة أن الكبار يقسّمون سلسلة غير كلامية مشابهة لسلسلات vot بحدّ مقداره + 20 vot تقريباً، وتلك إشارة بعيدة إلى إمكانية كون بعض التمييزات طبيعية للنظام السمعي.

وعند بلوغ السنة الثانية يمكن للأطفال أن يحددوا على نحو تصنيفي، وتكونت حدودهم الفونيمية مشابهة لتلك التي عند الكبار. واستخدم زلتن وكونجسكنت (Zaltin & Koenigsknecht) سلسلات تتدرج من «bees» إلى «peak» ومن «dime» إلى «time» بوصفها أمثلة، ووجدوا، رغم أن الطفل البالغ عامين يحدد المؤثرات بالحدود الصنفية نفسها مثل الطفل البالغ السادسة أو الكبار، أنّ مناطق التحديد عند الأطفال الصغار كانت أوسع مما يدلّ على أنهم يحتاجون إلى اختلافات سمعية أكبر لتعلّم التمييز. ولم يُدرس هذا التطور الطولاني في هذه المقدرة الإدراكية مطلقاً. فصعوبات اختبار الأطفال الصغار في كلّ من التحديد والتمييز كبيرة للغاية، لكنّ هناك، عى أية حال، بعض التلميحات إلى أن مقدرة التحديد ومقدرة التمييز لا تتطوران بالمعدّل نفسه.

ومن الأسهل دراسة التغيرات الإدراكية عند الناس الذين يدرسون لغة ثانية لأنهم أكبر سناً ومن السهل اختبارهم، لكننا غير متأكدين من أن عمليات تعلم الفونيمات في اللغة الثانية هي نفسها الموجودة في اللغة الأولى ووجد وليامز (Williams) في الحدود الفونيمية تحوّلاً نحو الحدود الإنجليزية بين الأطفال الإسبانيين الأصغر سناً (8 - 10 سنوات) أسرع قليلاً من ذلك التحول الموجود بين الأطفال الأكبر سناً (- 16 14 سنة). أنظر الشكل (5.29). ووجدت مؤشرات إلى أن التمييز يمكن أن يحدث قبل التحديد في عملية التعلم، وهنا مرة أخرى، نحن في حاجة إلى دراسات طولانية، كي تقرر مدى التقدم. وسيكون للدراسة التي تحلل إصدار الكلام وإدراكه معاً أهمية خاصة.

العمر — القيم العابرة بالعرض — الاختلاف (الفرق)

Age	Crossover Values by Exposure: One	Two	Three
14-16	+2.0	+5.7	+8.7
8-10	+4.7	+7.5	+12.0
Difference	2.7	1.8	3.3

الشكل 5.29: اختلافات (vot تقريباً بملي - ثانية) في تحديد القيم العابرة عند مجموعتين من أطفال يتكلمون الإسبانية. وقسم الأطفال أيضاً وفق تعرضهم بالإنجليزية حسب العمر في الولايات المتحدة الأمريكية: العرض الأول (5 - 6 شهور)، العرض الثاني 1 1/2 - 2 سنتين) العرض الثالث (3 - 3 1/2 سنوات).

الإصدار والإدراك Production And Perception

لقد حلّل ويليامز إصدار الكلام (من خلال قياس عينات من كلام أشخاص) وإدراكه بوساطة اختبارات التحديد والتميز) للتباين الفونيمي الهام في اللغة الثانية المتعلّمة. واكتشف، بعد تثبيت الحدود الفونيمية عند متكلمي لغة واحدة في /b/ و /p/، وتثبيت القمم التمييزية عند الكبار الذين تكلموا الإنجليزية والإسبانية، أنّ إصدارهم لـ /p/ و /b/ في بداية الكلمة يتناظر مع إدراكها. وقد عزل متكلمو الإنجليزية الفونيمات عند حد + vot 25، بينما وضع متكلمو إسبانية الحد عند vot 4

وتنوعت استجابة الإسبان الذين يتعلمون الإنجليزية أكثر ممن تكلم لغة واحدة عند نقاط عبور دلائلهم التحديدية، واتسعت القمم التمييزية لتشمل من تعلم الإنجليزية وحدها، والحدود الفونيمية الإسبانية. وهكذا مثّل إدراكُ سلسلات /b/ - /p/ عند الكبار الذين تكلموا لغتين نقطة وسط. فقد أظهرت الأطياف أثناء الإصدار أن من تكلم لغتين قد أدرك /b/ وفقاً للنظام الإسباني حتى في الكلمات الإنجليزية.

وفي دراسة ثانية تتبع ويليامز التغيرات في إصدار الكلام وإدراكه عند شبان بروتوريكيين ناطقين بالإسبانية ويتعلمون الإنجليزية. ووجد أنّ نقطة العبور التعيينى (التحديدي) كانت تتحول تدريجياً نحو الحدود الإنجليزية كلما ازداد تعرض هؤلاء الشبان للإنجليزية. ففي الإصدار كان الأطفال يستخدمون أنماط vot أقرب إلى الإنجليزية في كلماتهم الإنجليزية والإسبانية، وربما شكلت درجة الحساسية الكبيرة في التباين الفونيمي الهام في اللغة المزمع تعلمها نقطة هامة أو علامة مميزة عند المتعلمين الشبان، وهي تقدم لنا تغيّراً وتعرض لنا شرحاً بشأن كيفية تعلّم تكلم لغة جديدة بتدخل قليل من اللغة الأم.

ولنعد ثانية إلى المتعلمين الكبار حيث تشير دراسة أجراها غوتو «Goto» إلى أن من يتكلم لغتين من الكبار غالباً ما يكون غير مدرك للتمييزات الإدراكية في لغته الثانية حتى لو استطاع إصدارها. وقد وجد الباحثون الأمريكيون في إحدى الدراسات أن متعلمي اليابانية كانوا يقومون بالتمييز الصحيح بين /l/، /r/ في الإنجليزية عندما كانوا يصدرون كلمات مثل «lead»، «read»، «pray»، «play»، ومع ذلك فقد واجهوا صعوبة في إدراك نفس التمييزات في تسجيلات كلامهم أنفسهم، أو في كلام غيرهم. هل فقدوا مقدرة اليافعين الإدراكية المرنة؟ كيف يمكنهم إصدار تمييزات يفشلون في إدراكها. نحن بحاجة إلى المزيد من المعلومات هنا، ولكن سيقودنا هذا إلى السؤال المثير والمهم عن كيفية وصل إدراك المرء لكلامه نفسه أو مقارنته بإدراكه كلام الآخرين.

ترتكز الملاحظة النادرة في أن الأطفال يمكنهم إدراك بعض التمييزات في كلامهم أنفسهم، وهي تمييزات يفشل الكبار في تمييزها، على تجارب كالآتي: يعترض الطفل عندما يقلّد الآخرون نطقة غير الصحيح: «I did not say wabbit, I said wabbit».

ويمكن تفسير هذه الظاهرة على أنها دليل على أن الإدراك يسبق الإصدار. فعندما يسمع الطفل الكبار يقولون «wabbit»، فإنه يفهم الخطأ، ولكنه غير قادر على إصدار /r/، ويفشل في كشف الخطأ في كلامه نفسه، وتفسير بديل لذلك هو أن الطفل يفهم التمييزات في كلامه على نحو مختلف عن تلك التي عند الكبار. يمكن أن يقوم الطفل بتمييز إدراكي بين صوتيه /w/ في المقال السابق، حيث يفشل الكبار أي: أن الصنف الفونيمي لـ /r/ عند الطفل واسع على نحو كاف لاحتوائه أصواتاً يصنّفها الكبار على أنها /w/. وتفسير ثالث هو أن إدراك الطفل ربما كان مشوشاً لأنه لا يمكنه القيام بالتمييز بعد إصداره للأصوات. وهكذا فالإدراك لا يساعد الإصدار فحسب، بل ينظر إلى ضبط إصدار الأصوات الكلامية بوصفه مساعدة للطفل في جهوده لتمييز الأصوات الكلامية عند الآخرين.

ووجد آنجست وفريك «Aungst & Frick» تشابهاً محدوداً بين حكم الشخص على صحة إصداره /r/ والمقدرة على تمييزه الفونيمات في كلام الآخرين. إذ لا يجد الأطفال الذين يعانون من نطق غير سليم في /r/ أية مشكلة في إدراك النطق غير السليم عند الآخريّن، لكنهم يفشلون في التقاط أخطاؤهم هم أنفسهم أو اكتشافها. وأظهر كورنفلد «Kornfeld» أنه يمكن للأطفال أن يصدروا /w/ في[gwæ̃s] ، «glass» و[gwæ̃s] في «grass» بحيث يبديان الشيء نفسه للمستمعين الكبار. لكنّ هناك، في أية حال، اختلافات طيفية يمكنها أن تبين الأساس الذي يعتمده الأطفال في القيام بتمييزاتهم. ويقترح «غول» و «جولدن» «Gool & Golden» أن الطفل في هذه الحالة يمتلك تمثيلاً فونيمياً يختلف عن ذاك الموجود عند الكبار بخصوص /r/. إن فونيم الطفل /ɝ/ يُمثل مباشرة صوتياً [ɝ] في حين لا يشتمل فونيم الكبار /r/ على الصوت [ɝ]. ووجد الباحثان أنّ الأطفال يميلون إلى تمييز صوتهم [ɝ] بوصفه /r/ وهم أفضل في التقاطه وتمييزه من غيرهم.

ربما لا تكون ظاهرة إدراك الإختلاف بين النطق غير الصحيح عند الأطفال والتعويض كما يفهمه الكبار شائعةً كما يعتقد. فقد وجد «لوك» وكوتز «Lock & Kutz» أن 20% فحسب من بين الخمسة والسبعين طفلاً الذين قالوا /w/، استجابة لصورة خاتم، أشاروا إلى صورة الخاتم عندما سمعوا نطقهم الخاطىء فيما بعد؛ بينما أشار

80% إلى صورة جناح عند سماع نطقهم غير الصحيح. ووجد ماكرينولدز وكوهين وليميز (Mckrynelds, Kohan & Williams) أن قدرة الأطفال على تمييز أصواتهم غير الصحيحة أضعف منها في تمييز أصواتهم الخالية من الخطأ. وغالباً ما يعني التمييز عند باحثي إدراك النفس التحديد الفونيمي لأن اختبارات التمييز الألفوني، كما عرفناها، تمثّل بسلسلات متصلة من الكلام المركب، ونادراً ما تجرى بهذه الخصوص.

ويمكن أن تكون الحال أنه في تعلّم التباين الفونيمي تتطور مقدرة تحديد الفونيمات في كلام الآخرين قبل إدراك المرء لأخطائه هو نفسه، وفي تطوّر متوازٍ بين الإصدار وإدراك النفس على قدر ما يسمح به النضج الحركي. ويبقى الوقت اللازم للتفاعل بين الإصدار والإدراك غير واضح، ويمكن أن يستهلك الأطفال الذين يتعلمون لغتهم الأولى، أو يصححون ألفاظهم غير الصحيحة، قدراً من الوقت في التفاعل بين الإصدار والإدراك يختلف تماماً عن ذلك الذي يستهلكه متعلمو اللغة الثانية.

وظائف الأعصاب في إدراك الكلام Neuro Physiology of Speech Perception

إن نصفي الدماغ مهمان للسمع حيث ينقل العصب السمعي المعلومات إلى الفصوص الصدغية في نصفي الدماغ؛ لكنّ التحليل الأدق، الذي يتلو هذه المرحلة، للأنماط الصوتية، كتلك الموجودة في إدراك الكلام، يتركّز في أحد نصفي الدماغ.

التحديد الدماغي Cerebral Lateralization

يتأتّى الدليل على أن أحد نصفي الدماغ، الأيسر عادة، مسيطرٌ على الآخر أثناء إدراك الكلام، من الدراسات التشريحية، وتجارب تقسيم الدماغ، ودراسات السمع الثنائية وتسجيلات EEG. وكان فيرنيك، الذي أشير إليه في الفصل الرابع، أول من ضم منطقة الفصين الجداري - والصدغي المحيطة بالقسم الخلفي من شق رونالد في إدراك الكلام والتعبير اللغوي، ولم يجد فيرنيك عطباً أو تلفاً في القسم الصدغي من تلك المنطقة أثناء تشريحه للأشخاص المصابين بحبسة كلامية فحسب، بل وجد روبيرتس وبنفيلد أن إثارة تلك المنطقة تتدخل على نحو مؤذ أو مدمر للغاية في المقدرة اللغوية عندما أثيرت كهربائياً

إن منطقة فيرنيك، وهي الاسم الذي يطلق الآن على نصف القشرة الدماغية اليسرى، مهمة في فك رموز رسائل الآخرين الكلامية، وتوضيح الأنموذج السمعي لما يود المرء قوله. لكنّ الناس الذين يعانون من حادث دماغي وعائي (متعلق بالأوعية) إلى اليسار من منطقة الجداري - الصدغي يمكنهم النطق بوضوح على الرغم من استبدالهم بعض الفونيمات، ويتكلمون بطلاقة أيضاً. لكنّ محادثتهم لا تعني إلا القليل، على أية حال، ويصف كودكلاس وجيسجوند «Goodglass & Geschwind» رغبة هؤلاء المرضى في استبدال الكلمة العامة مثل «it» بأسماء غامضة، واستبدال الأفعال العامة مثل «do» بأفعال غير موجودة، مما ينشأ عنه الإستجابة الآتية في تسمية شيء ما: «أعرف ما هو، انني أستخدمه لأفعل... انني أملك واحداً هنا...» ومثال آخر غير سويّ نحوياً ولكنه فضفاض عديم المعنى من كودكلاس وجيسجوند هو الآتي: «الأشياء التي أود قولها... آه... الطريقة التي أقول بها الأشياء، ولكنني أفهم الأشياء معظم الوقت، معظمها، وما هي الأشياء».

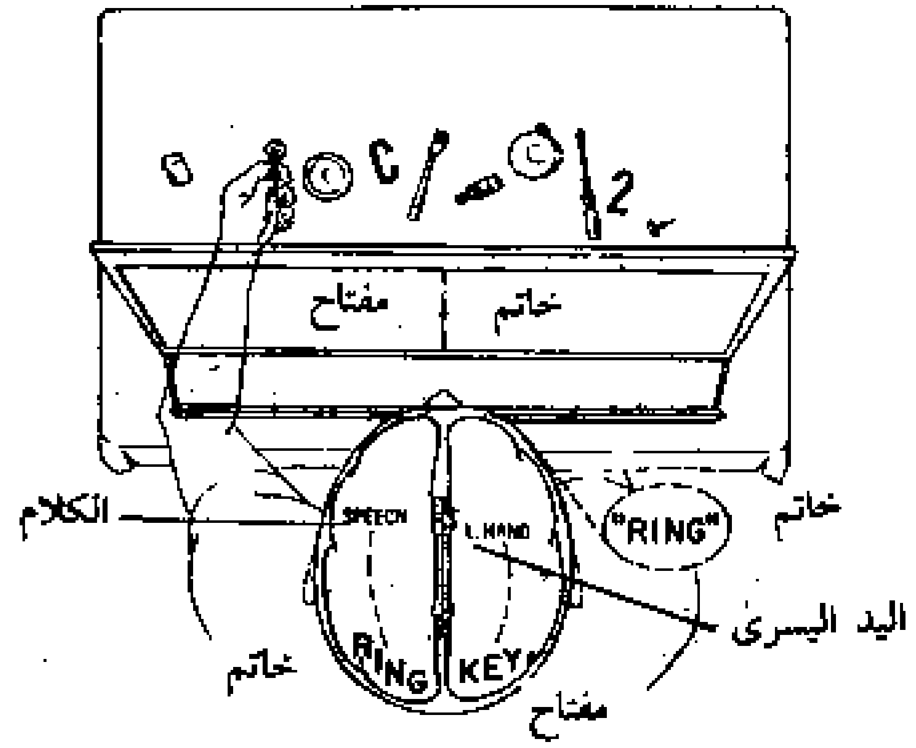
وإلى جانب العجز عن تذكر الكلمات الضرورية لشرح فكرة ما أو استدعائها غالباً ما تكون هناك قدرة متضائلة في تمييز معنى شيء ما قيل بصوت مرتفع، ويمكن لشخص مصاب بحبسة فيرنيك أن يميز صنف الكلمة، وليس معناها المحدّد. وهكذا يمكن لشخص مصاب بمثل هذا الداء الإدراكي أن يشير للدلالة على «مصباح كهربائي» إلى قطعة أثاث منزلي، ولكن القطعة الخطأ.

أما إن كانت منطقة فيرنيك نفسها سليمة، لكن الاتصالات بين المراكز السمعية في الفص الصدغي ومنطقة فيرنيك كانت معطلة أو لا تقوم بوظيفتها على نحو سليم، فإنه يمكن يمكن لذلك أن يسبب في شكل من أشكال العمى السمعي. حيث يمكن للمصاب أن يسمع الكلمة مراراً، ولكن من دون أي فهم أو إدراك لها على الإطلاق، وبعد ذلك يفهمها كاملة على نحو مفاجيء. إن حلقة الوصل هذه بين المراكز السمعية ومراكز الإدراك والفهم يمكن أن تكون ما يتأثر ويتعب عند الناس الذين يتمتعون بإدراك عادي ويخضعون لتحويل لفظي أو نطقي. وعندما يكرر لفظ مراراً يتحدث

* عمه: فقد المقدرة على التعرف على الأشخاص أو الأشياء ومدلولها (معجم مصطلحات العلم والتكنولوجيا).

المستمعون عن عدة تغيرات في الإدراك، وهم يصغون إلى التكرار. فعلى سبيل المثال: يمكن أن يسمع اللفظ «Flime» الذي لا يشكل كلمة في اللغة الإنجليزية، لفترة قصيرة كـ «Flying» وبعدها كـ «Climb» وأخيراً «Flank». وعلى الرغم من أننا لا نعرف أي شيء عن الإحساس العصبي لهذه الظاهرة إلا إنها تشبه خللاً وظيفياً في حلقة الوصل بين السمع والإدراك.

ويظهر الدليل المثير على فاعلية نصف الدماغ الأيسر في إصدار الكلام وإدراكه جلياً في إستجابات المرضى الذين أجروا فصلاً جراحياً بين نصفي الدماغ بوساطة قطعة أو قسم من جسم متصلب. وتجرى هذه العملية لضبط صرع حاد. ولا يبدو المرضى معوقين حتى تجرى بعض الإختبارات الخاصة من خلال تقديم معلومات إلى كل نصف من نصفي الدماغ على حدة. وبما أن الجسم الرئيس الواصل بين نصفي الدماغ معطلٌ، فإن المريض يمتلك نصفي دماغ مفصولين وظيفياً. وقد أظهر سبيري «Sperry» وكازنيكا «Gazzanica» من خلال اختبار أحد نصفي كرة الدماغ مستقلاً عن مرضى يعانون من دماغ منشطر، أنّ نصف الدماغ الأيسر لا يعرف ما يفعل النصف الأيمن والعكس بالعكس الشكل (5.30)



الشكل 5.30: تجربة سبيري على مريض بدماغ منشطر. سيرد المريض شفوياً على مؤثر بصري («الخاتم» في هذه الحالة) مقدّم إلى النصف الدماغي الأيسر، وفي

الوقت نفسه تقوم اليد اليسرى على نحو صحيح باسترجاع (استرداد واكتشاف) أشياء تقدم إلى القسم الدماغي الأيمن على الرغم من إنكار الشخص معرفتها شفوياً، وعندما يطلب من الشخص تسمية شيء اختارته اليد اليسرى سيسمى المؤثر الذي يقدّم لقسم الدماغ الأيسر.

ولو وضعت ستارة أمام مثل ذلك المريض تقنّع بصرياً أشياء مثل «مفتاح»، شوكة» «رسالة» أو«عدد» يمكنه، عندئذ، أن يسمي شيئاً ماإذا مالمسه بيده اليمنى (يذهب إلى نصف الدماغ الأيسر) أو إذا لمحه حقله البصري الأيسر، ولكنّه لايستطيع تسميته إذا ماسطع اسم الشيء أمام حقله البصري الأيمن على الرغم من قدرته على الإشارة إلى صورته أو أختياره بيده اليسرى. وقد أظهر البحث الذي قام به سبيري وآخرون أن نصف الدماغ الأيسر هو المسيطر، عند معظم الناس، في تعابير اللغة المكتوبة والشفوية. أما في إدراك الكلام، فيعرض نصف الدماغ الأيمن بعض الإدراك أو الفهم، على الرغم من سيطرة نصف الدماغ الأيسر الواضحة.

وقد صمم زاديال «Zaidel» عدسات لاصقة خاصة تُستخدم بموشورات ومرايا لفصل الحقول البصرية اليمنى والحقول البصرية اليسرى في عين واحدة. وهكذا يمكن توجيه الصور البصرية باتجاه أحد نصفي الدماغ عند الناس الذين يعانون من عطب Corpus Callosum ويضعون رقعة فوق إحدى عينيهم. وبوساطة مثل تلك الطرق أمكن تقديم جمل مكتوبة وعبارات متفاوتة التعقيد إلى كلٍ من نصفي الدماغ مستقلاً. وتظهر النتائج بوضوح أن نصف الدماغ الأيسر أكثر تعقيداً فيما يتصل باللغة، حيث يمكن قراءة جمل كاملة منه، بينما لا يمكن قراءة سوى كلمات منفردة من الجانب الآخر.

ودرست مسألة تحديد إدراك الكلام عند الناس العاديين أيضاً، وثمة دراسة كلاسيكية في علم وظائف الأعصاب وإدراك الكلام هي دراسة كيمورا «Kimura» بشأن السيطرة الدماغية من خلال استخدام المؤثرات الثنائية. وتذكر أنت أنه في الاستماع الثنائي يذهب صوت إلى أذن واحدة ويذهب صوت آخر إلى الأذن المعاكسة، ويرسل كلا الصوتين من خلال السماعات الرئيسية. استخدم كيموار أرقاماً محكية، وعندما سئل من خضع للتجربة أن يروي ما سمع، ارتكب أخطاءً بسبب المؤثرا ت المتضاربة،

وارتكب الأشخاص في المؤثرات المرسلة إلى الأذن اليمنى أخطاء أقلّ من تلك التي ارتكبوها في المؤثرات المرسلة إلى الأذن اليسرى. ويعرف هذا التأثير بـ «ميزة الأذن اليمنى» ويشار إليه بـ «REA». واعتمد كيمورا في تفسيره لهذا التأثير على الدليل التشريحي المتمثل في أن عدد العصيونات السمعية العابرة باتجاه المتجانب المعاكس من الفص الصدغي يفوق عدد تلك التي تذهب مباشرة نحو الفص المتجانب نفسه. وهكذا، فإن المعلومات التي ترسل على طول الألياف العصبية للعصب الثامن من قوقعة الأذن تظهر تفوقاً على الأذن اليسرى في دقة إدراك الكلام. وانتهى كيمورا إلى القول إن نصف الدماغ الأيسر متخصص في إدراك الكلام.

ووجد شانكو يلر «Shank weiler» وستدرت كيندي «Studdert-Kenddy» في سلسلة من الدراسات أنه عندما قدمت مقاطع عديمة المعنى مثل /ba/، /ta/ أو /ga/ على نحو ثنائي لمستمعين يستخدمون يمناهم أظهرت الأذن اليمنى تفوقاً ضيئلاً ولكن ثابت. وقد حصل التفوق في الأذن اليمنى في المقاطع المؤلفة من صوت وقف ـ صائت في الكلام المركب أو الكلام الطبيعي. لكنّ الصوائت الثابتة الصفة لم تظهر أية ميزة أذنية ثابتة.

ويرتكب المستمعون أخطاءً أقلّ في الإدراك عندما تتقاسم المقاطع المتضاربة سمة فونيمية. فعلى سبيل المثال يمكن أن يروي المستمع أنه سمع /da/ في أذن و /ta/ في الأذن الأخرى على نحو صحيح لأنها تتقاسمان مكان النطق. إلا أنه ربما لم يكن ممكناً الإستجابة لـ /da/ و /ka/ المتضاربتين بالدقة نفسها. وعندما يتقاسم الزوج المتنافر سمة الجهر كـ /da/ و /ba/ بدلاً من /da/ و /ga/ يزداد معدّل الدقة أيضاً. لكنّ تقاسم مكان النطق يعطي دقة أكبر من تقاسم سمة الجهر. ولا توجد هنا ميزة أذنية على أية حال. وتكون كلتا الأذنين في حال أحسن عندما تتقاسم الأزواج الثنائية سمات. وقد أظهر كتينك «Cutting» و «دي» «Day» وڤيجورايت «Vigorite» أن ميزة الأذن اليمنى تتجلى في أقوى أشكالها في أصوات الوقف المتباينة، وعلى نحو أقلّ في الأصوات السائلة، Liquids، وفي أدنّى صورها، إن كانت هناك ميزة، في الصوائت.

إلا أن ميزة الأذن اليمنى تظهر إذا جُعل اختبار الصوائت المتباينة الثنائي أكثر تعقيداً. وتوجد الإختلافات بين الصوائت والصوامت، التي لوحظت في دراسات

الإدراك التصنيفي في الدراسات الثنائية أيضاً. ويمكن الإمساك أو الاحتفاظ بالصوائت في الذاكرة السمعية لفترة أطول لأنها تتمتع بأمدٍ أطول وشدة أعلى، لكنّ إدراكها على نحو تصنيفي يكون أقل، ومن ثم تعطي ميزة أذن يمنى أضعف، لكنه لا يحتفظ بأصوات الوقف في الذاكرة السمعية إلا لفترة قصيرة جداً لأنها أقل سهولة للتحليل السمعي بسبب قصرها وانخفاض شدتها النسبية، إلا أنها تميز وتصنف حالاً وتعطي ميزة أذن يمنى قوية. وقد أوضحت هذه النتائج من خلال وضع مُعالج صوتي خاص في نصف الدماغ الأيسر أو، بدلاً من ذلك، من خلال اقتراح أن نصف الدماغ الأيسر مجهز خاصة لتحليل مؤثرات صعبة سريعة التغيّر.

وقد ركبت اختبارات السمع الثنائية من كلمات، ومقاطع وأصوات غير كلامية. وقد طلب ممن خضع للتجربة أن يتحدث عن كلا المؤثرين، أو المؤثر الأقوى أو أن يصغي أذناً واحدة مرة واحدة. واستخدمت الأشرطة الثنائية في اختبار أشخاص ذوي تطوّر لغوي عادي وغير عادي. وتُعدُّ هذه الإختبارات بأمل استخدامها وسائل تشخيصية للحصول على معلومات حول التحديد الدماغي.

وأحد الاكتشافات المهمة والممتعة أنّ المستمعين العاديين الذين قدم لهم زوج من مؤثر ثنائي بمؤثر عدم تزامن استهلالي قدره 100 ميلي - ثانية، استطاعوا تحديد المؤثر الثاني بدقة تفوق دقة تحديد المؤثر الأول، ويسمى هذا «تأثير التأخير» لأن الأشخاص يكونون أفضل في الحكم على المؤثر المتأخر وذلك مثال للتقنيع التراجعي حيث يقنّعُ المقطعُ الثاني المقطعَ الأولَ. وهنا مرة أخرى، لو اشترك المقطعان بالجهر أو ببعض السمات الأخرى، فلن يكون هناك سوى تأثير تقنيعي قليل أو تأخير محدود. ورغم ذلك، وكما يتوقع المرء، فأنه على قدر ما تكون صوائت المقاطع متشابهة سمعياً يكون التقنيع التراجعي واضحاً، كما وضح ذلك بيسوني «Pisoni» ومكناب «Mcnabb». وهكذا يبدو أن التشابه بين الصوائت يصدر تأثير تقنيع تراجعي يمكن شرحه على المستوى السمعي، في حين يبدو أن تقاسم سمة الصوت يسهل الإدراك ويمكن تفسيره على المستوى السمعي أو المستوى الصوتي.

ويأتي آخر قسم في دليل التحديد الدماغي لإدراك الكلام من تسجيلات تخطيط الدماغ الكهربائي التي تُجرى على سطح رؤوس الأشخاص الذين يستمعون الكلام.

وقد سجل وود «Wood» وجوف «Goff» ودي «Day» إستجابات سمعية مثارة لعشرة أشخاص يستخدمون يمناهم، عندما كانوا ينفذون مهمتي تحديد على سلسلة من مؤثرات كلام مركب تختلفان في تحول F_2 و F_0. وقد عُدّت المهمة الأولى لغوية لأن الأشخاص حددوا المقاطع إما بوصفها /ba/ أو /da/ من خلال الضغط على أزرار إستجابة مناسبة. وعدّت المهمة الثانية غير لغوية لأنه طلب من الأشخاص تحديد مقاطع /ba/ على أن تكون منخفضة أو مرتفعة في درجة النغم. وقد أجريت التسجيلات من نصفي الدماغ، ومن مواقع مركزية وفوق المناطق الصدغية أثناء كل مهمة. وكانت الجهود المثارة من نصف الدماغ الأيمن متساوية في كل من المهمتين اللغوية وغير اللغوية. إلا إن أنماط نصف الدماغ الأيسر اختلفت في المهمة الأولى عنها في المهمة الثانية. وقد فُسّرت هذه النتيجة بأن التحليل أو المعالجة السمعية تحدث في نصفي الدماغ، لكنّ تحديد الفونيمات متوضع في نصف الدماغ الأيسر.

ويحدث شيء ما محدد في نصف الدماغ الأيسر عندما نستمع إلى الكلام، ولا نعرف ما إن كان ذلك نوعاً من التحليل السمعي لمؤثرات عابرة صعبة أو شكلاً من أشكال التحليل اللغوي مثل استخلاص السمات أو تحديد الفونيمات ضمن أصناف أو فئات. ولأنّ أي تحليل يفترض وجود ذاكرة قصيرة المدى، دعنا نناقش ما يُعتقد بشأن فاعلية الذاكرة في إدراك الكلام.

الذاكرة وإدراك الكلام Memory And Speech Perception

عندما يعرف شخص لغة ما يجب أن يعني هذا أنه اختزن قواعد تلك اللغة ومعجمها في ذاكرة طويلة الأمد. وتحتوي القواعد على القوانين الفونولوجية، والقوانين النطقية لإصدار الكلام، بالإضافة إلى القوانين التركيبة والدلالية لتلك اللغة. وتستخدم هذه القواعد بوصفها مرجعاً في إصدار الكلام، وكذا في إدراكه أيضاً. إننا نسمع أنماطاً كلامية نحلّلها، ونرجع إلى معلوماتنا المختزنة عن الأنماط الكلامية حول تلك اللغة، كي ندرك ونميز ماذا قيل.

يعتقد أنه يوجد أيضاً ذاكرة قصيرة الأمد للأحداث السمعية. وقدّم البحث الجاري إمكانية شكلين للذاكرة السمعية القصيرة الأمد. الأول: عبارة عن صدى

قصير لحدث سمعي يستمر عدة وحدات من ميلي ـ ثانية فحسب. ويمكن أن تقدم هذه الصورة السمعية نفسها على شكل طيف عصبي يستبدل باستمرار بمعلومات جديدة.

أما الثانية: فهي ذاكرة سمعية أطول أمداً، سماها كراودر «Crowder» ومورتن «Morton» «مستودع ما قبل التصنيف السمعي» ودلّ عليها تأثير الحداثة بوضوح. فعندما تقدم قائمة من مفردات (مقاطع، أرقام) إلى مستمعين كي يتذكروها، ينحدر الأداء من المفردة الأولى إلى الثانية إلى المفردة الأخيرة بتقدم ملحوظ، لكنّ الإنحدار ينعكس تماماً في آخر مفردة. ويميل المستمعون إلى تذكر آخر مفردة في القائمة بأعلى درجات الدقة. ويكون تأثير الحداثة في القوائم التي تحتوي على تغيرات في الصوائت أعلى منه في القوائم التي تحتوي على تغيرات في الصوامت. ولا تظهر القوائم التي تختلف في الصوامت المجهورة فحسب إلا تأثير حداثة صغير للغاية. وأحد تفاسير هذا التأثير هو أن المفردة الأخيرة لا تعاني من تدخل من مفردة لاحقة، ومن ثم يمكن للتحليل الصوتي أن يحدث من دون انقطاع أو توقف. ويقترح داروين أنه بما أن المفردات المتشابهة سمعياً، مثل الصوامت، مربكة أو مشوشة سماعياً، فإنها تظهر تأثير حداثة قليلاً للغاية يموت بسرعة في مستودع ما قبل التصنيف السمعي. لكنّ المفردات المتميزة سماعياً، كالصوائت مثلاً، توضع كي تبقى فترة أطول في مستودع ما قبل التصنيف السمعي، وهي متوفرة من أجل تحليل سمعي أدق، مما يسفر عنه تأثير الحداثة.

أما في الكلام الطبيعي، فيغلب أن يدرك المستمع جدولاً من أصوات أكثر تنافراً سمعياً من سلسلة /ba/، /da/، /ga/ التي تركب عادة في المخبر. وإن كان الأمر كذلك، فيمكن لمستودع ما قبل التصنيف السمعي للمادة الصوتية أن يعمل على الجدول الكلامي بكامله، مما يسمح بوقت للتحليل المقطعي والتحليل ضمن المقطع نفسه. ويشير ستدرت وكينيدي إلى أننا في حاجة إلى مستودع ذاكرة لعدة ثوان كي يساعدنا في تمييز الأنماط الإيقاعية وإدراكها في درجة النغم، وتمييز أنماط النبرة النسبية لأنها تستغرق تلك الفترة.

Neuro Physiological Development And Perception

يعمل النظام السمعي عند الرضيع البشري على نحو مدهش، كما شاهدنا حديثاً من دراسات تمييز الرضع للأصوات. ويبدو أن حساسية الطفل مولفة خاصة لسماع الأصوات المميزة في الكلام البشري.

إن حدوث مرحلة البأبأة، على الرغم من اعتبارها غير لغوية، يشير إلى مرحلة تشكيل الربط الحسي - الحركي. إن الرضيع، الذي أظهر براعة سمعية منقطعة النظير، يطور ببطء مقدرات إصدار الكلام، وهكذا، يمكنه إقامة علاقات متناظرة بين الأحداث النطقية والنتائج السمعية. ويكشف الرضيع، في مرحلة البأبأة قبل تطور الكلام، حساسيته لأنماط درجة النغم عند المتكلمين الآخرين من خلال تقليدهم ومحاكاتهم.

وينظّر واتيكار (Whitaker) ان الاتصالات بين منطقة فيرنكا ومنطقة بروكا تنشط خلال فترة تتوقف البأبأة فيها مؤقتاً. ويمكن تسجيل مميِّزة سماعية للغة المحكية في مجتمع الرضيع في هذه المرحلة (انظر الفصل السابع لمزيد من بحث المميّزات السمعية فيما يتعلق بأغاني الطيور) وهكذا، فعندما يبدأ الرضيع التكلم، وعمره لا يتجاوز السنة تقريباً، يكون قد أصبح متحمساً للغة معينة وللهجة قومه الخاصة. وسوف يحدث تأخير في اكتساب اللغة إن لم تنشط الاتصالات بين مراكز إصدار الكلام ومراكز إدراكه على نحو حسن. يمكن للطفل أن يسمع الصوت ولكنه يفشل في ربط الصوت بالكلام، ومن ثم سيجد صعوبة في تعلم الكلام نفسه.

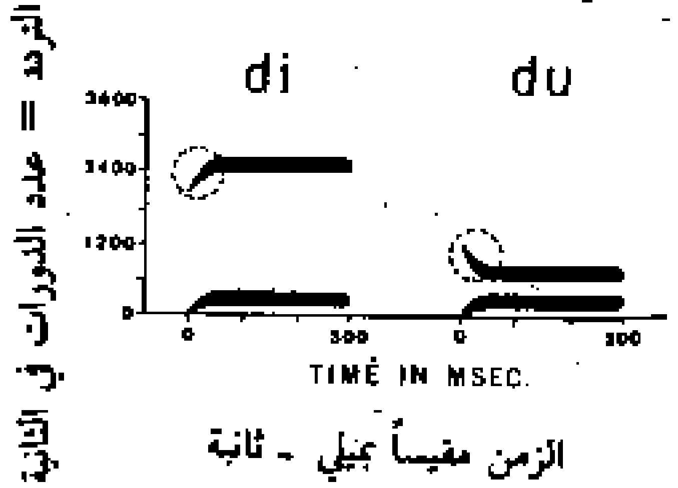
وثمة مفهوم هام في وظائف الأعصاب وإصدار الكلام هو المرحلة الحرجة أو الهامة في تعلم الكلام. وتتصل المرحلة الحرجة لكل من إصدار الكلام وإدراكه وخاصة بمقدرة وصل إصدار الكلام بإدراكه. وقد ادّعى لينيرغ، وينفيلد وروبرتس، كل متفرقين، أن المرحلة الحرجة تستمر حتى سن البلوغ. وإنّ تعلم لغة قبل سن البلوغ أسهل من تعلمها بعده، وخاصة تعلّم أصوات اللغة. ويعتقد أيضاً أن التحديد الدماغي يتم عادة في سن البلوغ، لكن هناك بعض الدلائل التي تشير إلى

أن سيطرة النصف الأيسر في الكلام ربما بدأت في سن مبكرة، وربما من لحظة الولادة. ووجد كيمورا أن REA مؤسس جيداً عند الأطفال الذين لم يتجاوزا الرابعة في الكلام المقدم ثنائياً. وتتعلق المرحلة الحرجة في تعلم اللغة بمرونة وظيفة الدماغ التي تقل وتضمحل في الكبر. وقد وضع سن البلوغ حداً أعظمياً خارجياً، وعلى قدر ما يكون الطفل أصغر تكون مترابطات تعلم اللغة العصبية مطواعة أكثر. وهكذا، سرعان ما تعالج الحبسة الكلامية المكتسبة عند طفل من خلال تولي نصف الدماغ الآخر مسؤوليات القيام بوظيفة القسم المعطل نفسها. وتسمح المرونة العصبية، خلال المرحلة الحرجة، للأطفال أن يعوضوا من خلال تأسيس مركز لغوي في منطقة غير معطلة أو مصابة من الدماغ، بينما يفقد الكبار (الذين أصيبوا بحبسة كلامية) حرية الوصول إلى مستودع لغوي مؤسس مقدماً، ولا يملكون سوى مرونة عصبية محدودة لا تسمح لهم بتأسيس مستودع جديد.

نظريات إدراك الكلام Theories Of Speech Perception

يقول شخص ما «نغلبكم في كرة القدم». كيف يبدأ المستمع باستخلاص المعلومات الضرورية في فهم المراد أو المطلوب، وإذا تركت جانباً العمليات الدلالية والتركيبية التي يجب أن تحدث فكيف يتم عزل الأحداث الصوتية من جدول الصوت. هناك مجموعتان هامتان من النظريات حول كيفية انجاز ذلك، تنظر إحدى هذه المجموعات إلى المستمع على أنه سلبي نسبياً وتعدّ عملية إدراك الكلام حسية أساساً، حيث يُحس بالرسالة، تصفّى، وتنظم بعد ذلك، مباشرة، وفق سمات تلك اللغة الصوتية. بينما تعطي النظريات الأخرى المستمع دوراً أكثر نشاطاً وترى أن عملية إدراك الكلام تضم بعض مظاهر إصدار الكلام، حيث يُحس بالأصوات، وتحلّل إلى صفاتها السمعية من خلال الرجوع إلى كيفية إصدار هذه الأصوات، وهكذا، يتم إدراكها. وسنناقش بعض النظريات النشطة أولاً، وبعد ذلك، بعض النظريات الحسية السلبية، وأخيراً النظرية المحكمة، وتلك فكرة تصل إصدار الكلام بإدراكه من منظور مختلف قليلاً.

هناك نظريتان أساسيتان في إدراك الكلام تؤكدان بعض الرجوع إلى إصدار الكلام وهما: نظرية ليرمان وزملائه «الحركية» من مختبرات هاسكنس، ونظرية ستيفن وهالي «التحليل عن طريق التركيب من معهد ماسوشوستس للتكنولوجيا» وقد ولدت كل من هاتين النظريتين من جهود في محاولة إيجاد تناظر واحد ـ لواحد بين الفونيمات وإشارة الكلام السمعية. إنه من الصعب إيجاد دلائل سمعية ثابتة أو مستقرة لكل فونيم. وغالباً ما يستشهد في نقصان الثبات في الإشارة السمعية بأمثلة /du/ ـ /di/ كما في الشكل (5.31) حيث يؤدي تحول عابر صاعد وآخر هابط وظيفة الدلائل السمعية لـ /d/، أما في مثال /pi/ ـ /ka/ ـ /pu/ فتدرك فيه دفقة هوائية بنفسها وبنفس التردد بوصفها فونيماً مختلفاً قبل تشكيلات موجية مميزة في صوائت مختلفة.



الشكل 5.31: أنماط مركبة (مصطنعة) تظهر مقاطع /di/ و /du/. لاحظ الفرق في اتجاه تحول التشكيل الموجي الثاني.

وهكذا نجد أن نقصان التناظر بين الحوادث السمعية المستقلة والفونيمات المنفصلة يعمل في كلتا الطريقتين: حيث يمكن لحوادث سمعية مختلفة أن تدرك كأنها الفونيم نفسه، بينما يدرك الحدث السمعي نفسه بوصفه فونيمات مختلفة في السياقات المختلفة. يقيد السياق الدلائل السمعية، وتبث بالتوازي، ولن يكون الكلام وافياً بالغرض لو بث وأدرك فونيماً واحداً في كل مرة. يسمى ليرمان عملية وضع الدلائل

السمعية في الكلام بـ «التكوين»، ولذلك فإن الترجمة ضرورية لفك رموز الإشارة والوصول إلى الفونيمات. وتكون المقاطع المؤلفة من صوت وقف ـ صائت عالية ويجب أن تدرك بوصفها مقطعاً قائماً بنفسه، فالفونيمات لا توجد منفصلة في الرمز أو الإشارة السمعية. وتفترض النظرية الحركية أن الآلية التي يستخدمها المستمع للتوسط بين الإشارة السمعية والمعلومات الصوتية أو للفونيمية هي معرفة المستمع النطقية. وتساعد حقيقة كون البشر متكلمين ورالة على إدراكهم للكلام حتى لو منعهم عجز ما من التكلم على نحو عادي. وبما أن النطق المشترك يسبب «التكوين» السمعي، ربما ساعدت المعرفة اللاشعورية بالقواعد والقوانين النطقية وديناميكيات المجرى الصوتي في فك رموز الإشارة السمعية.

ونقطة أخرى تدعيها النظرية الحركية هي أن الكلام صفات إدراكية معينة، ويدرك على نحو مختلف عن الإشارات السمعية الأخرى، وتقترح ميزة الأذن اليمنى في بعض الأصوات والإدراك التصنيفي لبعض الأصوات الكلامية الأخرى أن عملية معينة تستخدم في فك الرموز الكلامية. وقد تحدث نتائج دراسة الحيوان والرضع على إدراك الكلام التصنيفي، وإظهار أن بعض الإشارات السمعية غير الكلامية تحلل في صورة أصناف وفي قسم الدماغ الأيسر، هذه الفرضية. وتفقد المقولة القائلة أن هناك عدداً قليلاً من الدلائل السمعية اللامتغيرة مناظرة للفونيمات بعضاً من قوتها أيضاً عندما يعدّ المرء دلائل العلاقات دلائلَ هامة وحساسة ولكنها ليست دلائل مطلقة، وأن المقطع هو أصغر وحدة إدراكية. لم يعثر على تناظر مباشر مع الفونيمات في المادة البحثية النطقية، وكذا في المادة البحثية السمعية. ومن الصعوبة إيجاد الفونيم في نشاط عضلي مستقل وواضح أو حتى في حركات مستقلة وواضحة. ويبدو الكلام، على كافة المستويات، شيئاً ديناميكياً يقيده السياق.

وكما رأينا، تظهر الدراسات عبر اللغات أن التوقعات اللغوية هامة في الإدراك والفهم، والمعرفة النطقية مهمة أيضاً. حيث يفشل المستمعون في إدراك تجمعات صوتية لا يمكن للمجرى الصوتي صنعها أو أصدارها. فإدراكهم مقيد بتوقعاتهم، ويعتمد ذلك على معرفة إمكانيات إصدار الكلام. فقد وجد دورمان، ورافائيل، ولبرمان، على سبيل المثال، أنه لو سمع المستمعون /ɛbdɛ/، فإنهم يسمعون عادة دلائل إغلاق /b/، وتحرير /d/، ولكن لو ركبت دلائل /b/ و /d/ وقورب

بينها على محور الزمن، بحيث لا يمكن إصدارها من قبل المجرى الصوتي الإنساني، لأجاب المستمعون، عندئذ، بأنهم لم يسمعوا صوت الوقف الأول مطلقاً، ولكن سمعوا تحرير /Edɛ/ فحسب. ولو أصدر صوت /ɛb/، لأجاب المستمعون بأنهم سمعوا /Ebdɛ/، حتى لو كان التقارب بينها على أعظم درجاته.

وهكذا يكشف البحث الذي يقود إلى النظرية الحركية أهمية الدلائل النسبية، وأهمية السياق، وأهمية المعرفة اللغوية والنطقية في إدراك الكلام.

وتشبه نظرية التحليل بالتركيب، وهي محاولة أخرى لشرح إدراك الكلام في وجه العدد القليل من دلائل الفونيمات اللامتغيرة، النظرية الحركية في أن المستمع يرجع إلى إصدار الكلام، لكن الرجوع هنا سمعيٌّ أكثر منه نطقياً. ويعتمد على نظام من التكافؤ أو الإنسجام، حيث يستقبل المستمع نمطاً سمعياً ويحلّله من خلال استنباط انموذج سمعي لإصداره هو نفسه، يسمع المستمع [bitša] يفترض أنها « beat you »، يقوم بتركيب عصبي سريع لها بنفسه، ولو تكافأت الأنماط أو انسجمت، لقبل عندئذ إدراكه على أنه صحيح، وماهو ميزة إيجابية لنظرية فاعلة من هذا النوع انه يمكن للمستمع أن يطبق معرفته على القواعد الفونولوجية عندما ينفذ أو يقوم بالتركيب الأولي، ومن ثمّ يمكنه أن يجعل الإختلافات التي يسببها معدل الكلام السريع والتشويهات الأخرى عادية.

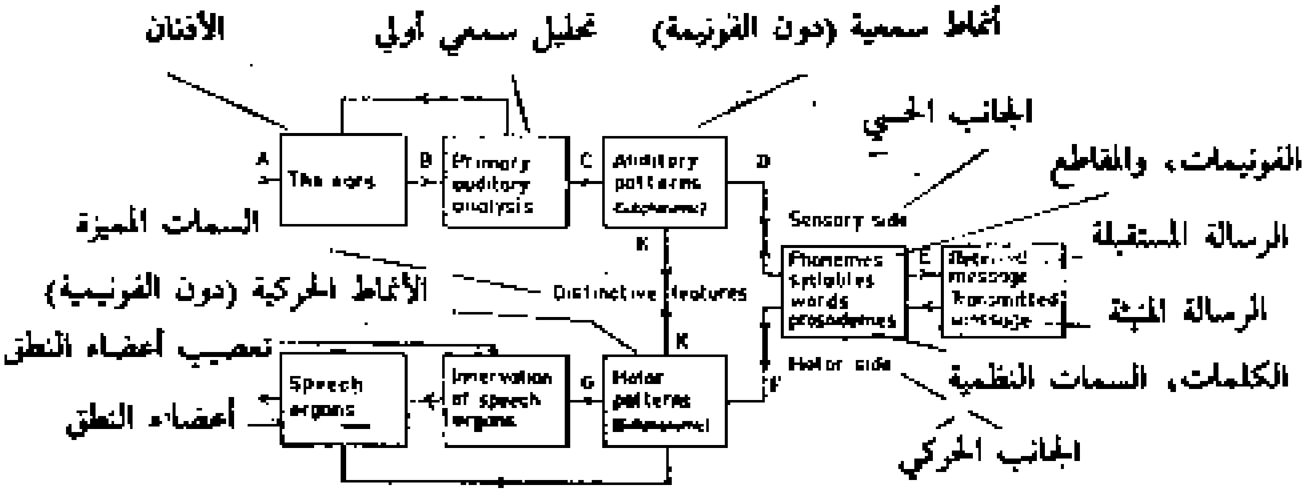
ويشير عمل جستوفش وكلاس وكوزمن «Chistovich, Klass & Kuzmin» في لينينغراد إلى أهمية معرفة إصدار الكلام في إدراكه. وتظهر تجاربهم الظلالية، التي يقول فيها شخص ما رسالة غير متوقعة، على قدر ما أوتي من سرعة ويسمعها عبر سماعات أذنية، أن الظلالين يبدؤون بإصدار صامت قبل أن يسمعوا كامل الدلائل المتعلقة به. ويشير هذا الإكتشاف إلى أن الدلائل الواقعة في بداية المقطع تشير إلى ما سيلحق أو سياتي، ويُرجع المستمعون الأنماط القادمة مباشرة إلى أنماط نطقية حركية، قبل أن يفهموا الرسالة كاملة.

تؤكد النظريات الفاعلة في إدراك الكلام أهمية المعرفة اللغوية، والمعرفة النطقية، والمعرفة بمخرج المجرى الصوتي المتنوع، ومعرفة التأثيرات السياقية في فك رموز الكلام.

Passive Theories النظريات السلبية

تولي النظريات السلبية في إدراك الكلام آليات المستمع الحسية والمرشيحة أهمية خاصة، ويصبح دور معرفة إصدار الكلام فيها في موقع ثانوي هامشي لا يستخدم إلا في الظروف الصعبة.

ينظر فانت في استكهولم إلى إدراك الكلام على أنه حسيٌّ، وتشارك الآلية الإدراكية آلية إصدار الكلام في قائمة من السمات المميزة (الشكل 5.33)، لكنه لا حاجة للمستمع بأن يرجع إلى إصدار الكلام كي يفهمه أو يدركه. فالمراكز اللغوية في الدماغ مشتركة في كل من الرسائل القادمة والخارجة، لكنه ينظر إلى المراكز المسؤولة عن المظاهر دون الفونيمية، والأكثر ثانوية في إصدار الكلام وإدراكه على أنها مستقلة.



الشكل 5.32: نموذج فانت للآليات الدماغية في إدراك الكلام وإصداره. راجع النص لمزيد من التفاصيل.

ووفقاً لهذا الأنموذج السلبي، كما يبدو في (الشكل 5.32) فإن إدراك الكلام سوف يتقدم وفق خط A B C D E، بينما يكون طريق إدراك الكلام في الأنموذج الفاعل وفق ABCKFE. ووجهة نظر فانت أنه بما أن المستمعين قد تعرضوا للغة، فإنهم يتحسسون الأنماط المتميزة في الموجة الصوتية، ولا يحتاجون للرجوع إلى مقدرتهم في

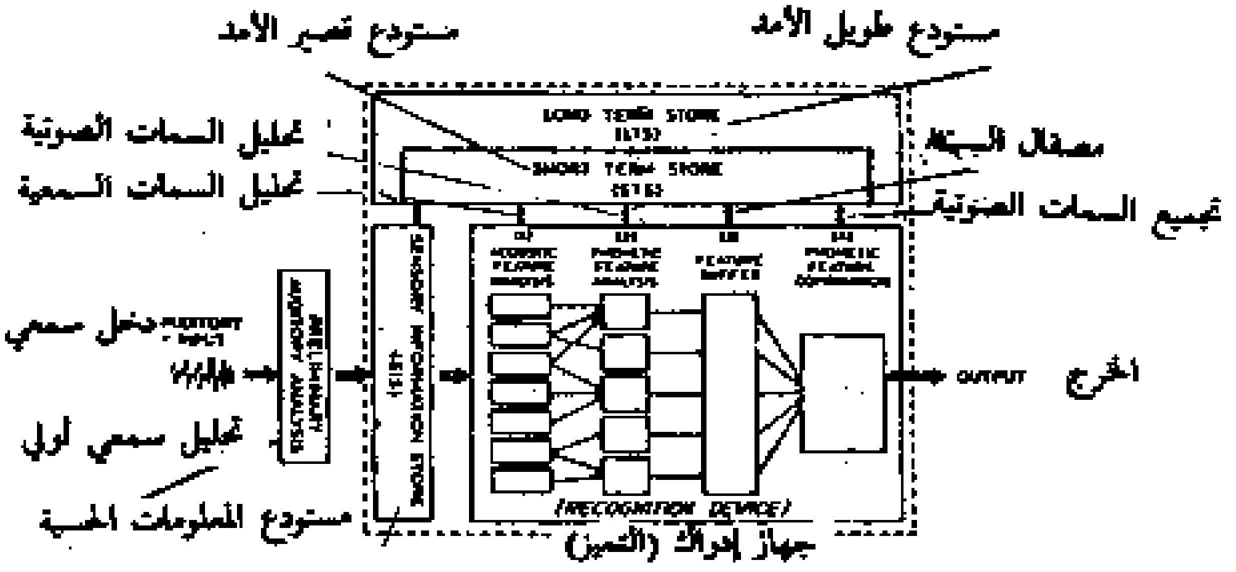
إصدار الكلام إلا عندما يستمعون تحت ظروف غير عادية. ويقيم مورتن وبرودنبت نظرية مماثلة؛ ويشاطران فانت الإعتقاد بأنه يمكن للمستمع أن يفك الرموز الكلامية مباشرة، على الرغم من أنه يمكن الرجوع إلى إصدار الكلام عندما تكون مهمة إدراك الكلام صعبة كما هي الحال في الكتابة الصوتية.

وهناك مفهومان نظريان، بإدراك الكلام، سلبيان أساساً في تأكيدهما، وهما: الإنسجام أو التناظر المعيّري، وفكرة مكشافات السمة، ويظهر مفهوم المعيّرة السمعية من التجارب على أغاني الطيور. وكما سيفصل الفصل السابع، فإن الطائر يولد مزوداً بنسخة أولية بدائية من الأغنية المميزة لجنسه. وتتبلور هذه المعيّرة عند الطائر الصغير عندما يسمع الكبار تغنّيها في البيئة المحيطة، وبعد ذلك يغنيها بنفسه، ويساوي بين جهوده المبذولة بالمعيّرة المخزونة. ويقترح مارلير (Marler) أنه ربما يتقدم الرضع البشر بمنحى مشابه عندما يتعلمون الكلام ويمكن الحصول على مفهوم مشابه لإصدار الكلام عند الكبار. يمكن أن يكون الكبار قد خزنوا أنماطا كلامية مجردة (معيّرات)، وعندما يستمعون الكلام يساوون بين الأنماط السمعية القادمة بالمعيرات المخزنة.

واستعيدت فكرة مكشاف السمة من بحوث الرؤية حيث تتحسس خلايا عصبية معينة في قشرة الدماغ مظهراً أو جانباً محدداً من الصورة. فعلى سبيل المثال، هناك مكشافات خاصة بالخطوط الأفقية. وبالمقارنة، يعتقد أن يكون مكشاف السمة في الكلام حساساً لمؤثرات معقدة معينة كتحولات التشكيل الموجي الثاني مثلاً. أما في البداية، فقد فُسّرت دراسات التكيف وفق شروط نظرية مكشاف السمة. فلو نتج عن تكرار مؤثر معين تحولٌ في تحديد الفونيم، لكان يعتقد أن سبب التحول هو تعب مكشاف تلك السمة المعينة بسبب الإثارة المتزايدة. وفُسّرت دراسات الرضع ضمن هذه الشروط أيضاً. حيث كان يعتقد أن الأطفال يتحسسون سمات معينة أو محددة. وتنطوي هذه النظرية ضمنياً على منهج فطري، حيث ينظر إلى البشر على أنهم يمتلكون مقدرة لغوية فطرية على شكل مستقبلات عصبية خاصة مولفة على سمات الكلام المميزة العالمية.

أما في الوقت الحاضر، فإن بعض المنظرين يبتعدون عن فكرة مكشاف السمة الصوتية نحو فكرة مكشافات السمة السمعية. وقد قام بسوني وسوسيج Pisoni

Sawusch* بمحاولة دمج السمات السمعية والسمات الصوتية في نموذج لتمييز الكلام. ويفسّر هذا النموذج أيضاً وجود مستودع قصير المدى يستقدم المعلومات من خزان طويل الأمد خلال فترة الإدراك والتمييز. ويذهب الكلام المميز من ذلك، حا لاً إلى التحليل الفونولوجي والتركيبي والدلالي (الشكل 5.33). ووفقاً لهذه النظرية تنظم السمات التي اكتشفتها مقدرة المكشافات السمعية ضمن نظام من السمات الصوتية كما كشفت ضمن مقطع كامل، وبعد ذلك تركب أو تجمع ضمن مصفوفة سمات أولية خاضعة لتحليل أدق. ولا تناقش نظرية مكشاف السمة العلاقة بين إصدار الكلام وإدراكه، إنها نظرية حول المرحلة الحسية المشتركة في النظريات الفاعلة والنظريات السلبية، وقد ضُمت إلى هذه الفقرة لأن تأكيدها الأساسي حسي الجوهر.



الشكل 5.33: نموذج بسوني وسوسج لإدراك الكلام. تحلل كل من السمات الصوتية والسمعية. ويظهر المستودع القصير الأمد في هذا الأنموذج على نحو خاص.

ويجمع بعض الباحثين بين أفكار النظريات السلبية والنظريات الفاعلة. فعلى سبيل المثال، رغم اقتناع كول وسكوت بالأنموذج السلبي، فإنهما يفترضان أن إدراك المقطع يرفقه استخدام دلائل ثابتة ودلائل أخرى يحكمها السياق. ففي [sa] من «Soccer» ينظر إلى دليل الإحتكاك في [s] على أنه ثابت، لكنّ هناك دلائل يحكمها السياق في كل من [k] و [sɔ kɔ] موروثة في التحولات من حالات التشكيلات الموجية المميزة الثابتة لـ [ɔ] وإليها. إنهما يتفقا مع ليبرمان في أن التحولات هامة في تزويد المستمع بإدراك الترتيب الزمني للأصوات في المقطع، ويقترح سكوت وكول أن

الدلائل الثابتة والدلائل المتغيرة تحتفظ باستقلاليتهامن حيث هي دلائل على الرغم من استخدام المستمعين لكليهما في الكشف عن المقطع. وتعطي الدراسات حول تأثير السمع المتكرر برهاناً على طبيعتها المنفصلة. فعلى سبيل المثال، لو سمع شخص المقطع [sə] على نحو متكرر، فإن إدراكه سينقسم من طرف إلى همهسة مقيدة بالإحتكاك وإلى [də] من الطرف الآخر مقيدة بالتحول وحالة القسم الصائت الثابتة. وبالإضافة إلى الدلائل الثابتة والدلائل التي يقيدها السياق، يقترحان دليلاً ثالثاً هو شكل الموجة الذي يدرك في إطار زمني أطول بوصفه حقائق حول الشدة النسبية، والفترة ودرجة النغم.

النظرية المُحكمة Quantal Theory

لقد اقترح ستيفنز النظرية المحكمة، التي لا تشكل نظرية متخصصة بإدراك الكلام تماماً، بوصفها صيغة تصل التغيرات النطقية بالنتائج السمعية، لكنها تنطوي على بعض التطبيقات لنظرية حول إدراك الكلام. ان افتراض النظرية المحكمة الأساسي هو أنه يوجد انقطاع بين مواقع التغيرات النطقية والتغيرات السمعية الناتجة في الخرج. هناك مناطق في المجرى الصوتي لا تسبب الاختلافات المستمرة الصغيرة في الموقع النطقي سوى اختلاف صغير أو لا يذكر في الخرج السمعي. لكنّ هناك بعض المناطق تشكل الاختلافات النطقية الصغيرة فيها اختلافات سمعية كبيرة؛ وأي تبديل بسيط في الوضع النطقي في هذه المناطق الحساسة سيسبب قفزة محكمة ضمن شروط التغير الصوتي. ومثالٌ واضح عن هذا الانقطاع يظهر واضحاً في صنع التغيرات النطقية المتدرجة من [ʃ] إلى [s]. حاول أن تحرك مكان التضييق اللساني ـ الحنكي من موقع [ʃ] الخلفي نسبياً باتجاه الأمام وبدرجات متساوية نحو [ʃ]. يمكنك أن تسمع اختلافات صغيرة للغاية في الصوت طالما يتحرك التضييق على طول الحنك خلف الحافة اللثوية، لكنه عند وصوله الحافة اللثوية مباشرة، يحصل هناك تغير مباشر وكبير في تردد نطاق الصخب الإحتكاكي. هناك قفزة محكمة لـ [s]. وأمام حدود [θ] ـ [ʃ] هناك منطقة أخرى ذات تأثير سمعي صغير لطبقة واسعة نسبياً من التعديلات النطقية. يمكن تحريك التضييق إلى الأمام على طول الحافة اللثوية وخلف سطح القواطع المركزية بتغير صوتي قليل. وهكذا نجد أن هناك مناطق نطقية لا تسبب

التغيرات الكبيرة في إصدار الأصوات فيها سوى تأثير صغير على الخرج السمعي، وهناك مناطق أخرى ينتج عن التغيرات النطقية الضئيلة فيها فونيم مختلف سمعياً.

وقد أظهر ستيفنز الإنقطاع السمعي بوصفه مسبباً للتأثيرات السمعية في تضيقات الصوامت البلعومية والحلقية. ويقترح أن لغات العالم المختلفة قد استفادت من هذه المناطق ذات التغير السمعي القليل من أجل تغيرات في مكان النطق في تطوير مناطق لنطق صوامت.

ويبدو أن هندسة المجرى الصوتي تفسّر جزئياً المبدأ المحكم. حيث تخلق مناطق ذات تغيرات طوبوغرافية صغيرة بتحرك المضيق (التضييق) من المزمار نحو الشفاه كـ : الجدار البلعومي، والحنك، والحافة اللثوية، والشفاه، لكنّ هناك انقطاعات بنائية أو تركيبية كبيرة بين هذه المناطق. وينطبق المبدأ المحكم على منطقة أمام المضيق وخلفه، ولكنه ليس على التغيرات الخاصة بارتفاع اللسان. وعلى الرغم من أن ستيفنز وبيركل قد اقترحا تمييزاً عاماً بين الصوائت المرتفعة والصوائت المنخفضة وفقاً للاختلافات السمعية ولاختلافات علاقة اللسان بأعضاء النطق الأخرى، لكنه ربما كان صحيحاً أن تغيرات موقع اللسان في الصوائت يمكن إنجازها على نحو متصل تقريباً. ولا تحدث تغيرات محكمة سمعية أثناء تعديل المتكلم المستمر من /i/ إلى/æ/ أو من /u/ إلى /a/ لأنه ربما كان المجرى الصوتي يزداد انفتاحاً باستمرار.

ويذكرنا كل هذا بالطريقة غير المستمرة التي نفهم من خلالها تغيرات مستمرة في الصوامت والطريقة الأكثر استمرارية التي تدرك فيها الصوائت الثابتة الصفة لفترة ما. ويصف ستيفنز الانقطاعات السمعية، لا الانقطاعات الإدراكية، ويجدها في تغيرات التشكيلات الموجية المميزة الحقيقية، وفي دراسات إدراك الكلام التي نوقشت مقدماً. فقد كانت المؤثرات المستخدمة في الإختبارات الإدراكية تغيرات بخطى أو درجات سمعية متساوية (شكل لا يمكن للإنسان فعله بسبب طبيعة هندسة المجرى الصوتي غير المستمرة)، ومع ذلك، فقد كان المستمع يدركها وفقاً للطبيعة المحكمة الموروثة في المكان النطقي. وإن لم يشكل هذا دعماً لنظرية فاعلة في إدراك الكلام، فإن هذه النتائج تشير على الأقل إلى أن نظام الإنسان السمعي يتحسس خاصة للتغيرات السمعية التي يصدرها نظام النطق الإنساني.

مرجع الفصل الخامس

BIBLIOGRAPHY

General Readings

Bartlett, F. C., *Remembering.* Cambridge, England: University Press, 1932. Reprinted in 1961.

Darwin, C. J., The Perception of Speech. In *Handbook of Perception. Vol. 7: Language and Speech,* E. C. Carterette and M. P. Friedman (Eds.) New York: Academic Press, 1976, pp. 175–226.

Denes, P., and Pinson, E. N., *The Speech Chain.* New York: Bell Telephone Laboratories, Inc., 1963.

Fant, G., Descriptive Analysis of the Acoustic Aspects of Speech. *Logos.* 5, 1962, 3–17.

Studdert-Kennedy, M., Speech Perception. In *Contemporary Issues in Experimental Phonetics.* N. J. Lass (Ed.) Springfield, Ill.: Charles C Thomas, 1975, pp. 243–293.

Hearing

Durrant, J. D., and Lovrinic, J. H., *Bases of Hearing Science.* Baltimore: The Williams and Wilkins Co., 1977.

Fletcher, H., *Speech and Hearing in Communication.* Princeton, N. J.: Van Nostrand, 1953. First published as *Speech and Hearing* in 1929.

Geldard, F. A., *The Human Senses.* New York: Wiley & Sons, 1953.

Helmholtz, H. L. F., *On the Sensations of Tone.* New York: Dover, 1961. Reprint of translation by A. J. Ellis, London: Longmans, Green and Co., 1875.

Kiang, N. Y. S., and Moxon, E. C., Tails of Tuning Curves of Auditory-Nerve Fibers. *J. Acoust. Soc. Am.* 55, 1974, 620–630.

Stevens, S. S. (Ed.), *Handbook of Experimental Psychology.* New York: Wiley & Sons, 1951.

Stevens, S. S., and Davis, H., *Hearing.* New York: Wiley & Sons, 1938.

Van Bergeijk, W. A., Pierce, J. R., and David, E. E., Jr., *Waves and the Ear.* London: Heinemann, 1961.

Von Békésy, G., *Experiments in Hearing.* New York: McGraw-Hill, 1960.

Wever, E. C., and Lawrence, M., *Physiological Acoustics.* Princeton, N. J.: University Press, 1954.

Acoustic Cues

Vowels, Diphthongs, and Semivowels

Carlson, R., Fant, G., and Granstrom, B., Two-Formant Models, Pitch, and Vowel Perception. In *Auditory Analysis and Perception of Speech.* G. Fant and M. A. A. Tatham (Eds.) New York: Academic Press, 1975, pp. 55–82.

Delattre, P., Liberman, A. M., Cooper, F. S., and Gerstman, L. J., An Experimental Study of the Acoustic Determinants of Vowel Color: Observations on One- and Two-Formant Vowels Synthesized from Spectrographic Patterns. *Word.* 8, 1952, 195–210.

Fant, G., A Note on Vocal Tract Size Factors and Non-Uniform F-Pattern Scalings. *Q. Prog. Status Rep. Speech Transmission Lab.* 4, 1966, 22–30.

Fry, D. B., Abramson, A. S., Eimas, P. D., and Liberman, A. M., The Identification and Discrimination of Synthetic Vowels. *Lang. Speech.* 5, 1962, 171–189.

Gay, T., A Perceptual Study of American English Diphthongs. *Lang. Speech.* 13, 1970, 65–88.

Gerstman, L. J., Classification of Self-Normalized Vowels. *IEEE Trans. Aud. Electroacoust.* AU. 16, 1968, 78–80.

Joos, M. A., Acoustic Phonetics. *Language. Suppl.* 24, 1948, 1–136.

Ladefoged, P., and Broadbent, D. E., Information Conveyed by Vowels. *J. Acoust. Soc. Am.* 29, 1957, 98–104.

Lieberman, P., On the Evolution of Language: A Unified View. *Cognition.* 2, 1973, 59–94.

Lindblom, B. E. F., and Studdert-Kennedy, M., On the Role of Formant Transitions in Vowel Recognition. *J. Acoust. Soc. Am.* 42, 1967, 830–843.

Lisker, L., Minimal Cues for Separating /w,r,l,y/ in Intervocalic Position. *Word.* 13, 1957, 256–267.

Nordström, P.-E., and Lindblom, B., A Normalization Procedure for Vowel Formant Data. Paper Presented at 8th International Congress of Phonetic Sciences. Leeds, England, August, 1975.

O'Connor, J. D., Gerstman, L. J., Liberman, A. M., Delattre, P. C., and Cooper, F. S., Acoustic Cues for the Perception of Initial /w,j,r,l/ in English. *Word.* 13, 1957, 22–43.

Strange, W., Verbrugge, R. R., Shankweiler, D. P., and Edman, T. R., Consonant Environment Specifies Vowel Identity. *J. Acoust. Soc. Am.* 60, 1976, 213–221.

Verbrugge, R. R., Strange, W., Shankweiler, D. P., and Edman, T. R., What Information Enables a Listener to Map a Talker's Vowel Space? *J. Acoust. Soc. Am.* 60, 1976, 198–212.

Nasals, Stops, Fricatives, and Affricates

Ali, L., Gallagher, T., Goldstein, J., and Daniloff, R., Perception of Coarticulated Nasality. *J. Acoust. Soc. Am.* 49, 1971, 538–540.

Cooper, F. S., Delattre, P. C., Liberman, A. M., Borst, J. M., and Gerstman, L. J., Some Experiments on the Perception of Synthetic Speech Sounds. *J. Acoust. Soc. Am.* 24, 1952, 597–606.

Delattre, P. C., Liberman, A. M., and Cooper, F. S., Acoustic Loci and Transitional Cues for Consonants. *J. Acoust. Soc. Am.* 27, 1955, 769–773.

Denes, P., Effect of Duration on the Perception of Voicing. *J. Acoust. Soc. Am.* 27, 1955, 761–764.

Harris, K. S., Cues for the Discrimination of American English Fricatives in Spoken Syllables. *Lang. Speech.* 1, 1958, 1–7.

House, A. S., Analog Studies of Nasal Consonants. *J. Speech Hear. Disord.* 22, 1957, 190–204.

Kuhn, G. M., On the Front Cavity Resonance and its

Possible Role in Speech Perception. *J. Acoust. Soc. Am.* 58, 1975, 428–433.

Liberman, A. M., Delattre, P. C., and Cooper, F. S., The Role of Selected Stimulus-Variables in the Perception of the Unvoiced Stop Consonants. *Am. J. Psychol.* LXV, 1952, 497–516.

Liberman, A. M., Delattre, P. C., and Cooper, F. S., Some Rules for the Distinction between Voiced and Voiceless Stops in Initial Position. *Lang. Speech.* 1, 1958, 153–167.

Liberman, A. M., Delattre, P. C., Cooper, F. S., and Gerstman, L. J., The Role of Consonant-Vowel Transitions in the Perception of the Stop and Nasal Consonants. *Psychol. Monogr. (Gen. Appl.)* 68, 1954, 1–13.

Liberman, A. M., Delattre, P. C., Gerstman, L. J., and Cooper, F. S., Tempo of Frequency Change as a Cue for Distinguishing Classes of Speech Sounds. *J. Exp. Psychol.* 52, 1956, 127–137.

Liberman, A. M., Harris, K. S., Eimas, P., Lisker, L., and Bastian, J., An Effect of Learning on Speech Perception: The Discrimination of Durations of Silence with and without Phonemic Significance. *Lang. Speech.* 4, 1961, 175–195.

Lisker, L., and Abramson, A. S., A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *Word.* 20, 1964, 384–422.

Malécot, A., Acoustic Cues for Nasal Consonants. *Language.* 32, 1956, 274–278.

Mermelstein, P., On Detecting Nasals in Continuous Speech. *J. Acoust. Soc. Am.* 61, 1977, 581–587.

Miller, G. A., and Nicely, P. E., An Analysis of Perceptual Confusions among Some English Consonants. *J. Acoust. Soc. Am.* 27, 1955, 338–352.

Raphael, L. J., Preceding Vowel Duration as a Cue to the Perception of the Voicing Characteristic of Word-Final Consonants in American English. *J. Acoust. Soc. Am.* 51, 1972, 1296–1303.

Raphael, L. J., and Dorman, M. F., Perceptual Equivalence of Cues for the Fricative-Affricate Contrast. *J. Acoust. Soc. Am.* 61, 1977, 545 (A).

Suprasegmentals

Bolinger, D. W., and Gerstman, L. J., Disjuncture as a Cue to Constructs. *Word.* 13, 1957, 246–255.

Fry, D. B., Experiments in the Perception of Stress. *Lang. Speech.* 1, 1958, 126–152.

Fry, D. B., Prosodic Phenomena. In *Manual of Phonetics.* B. Malmberg (Ed.) Amsterdam: North-Holland Publication Co., 1968, pp. 365–410.

Hadding-Koch, K., and Studdert-Kennedy, M., An Experimental Study of Some Intonation Contours. *Phonetica.* 11, 1964, 175–185.

Lehiste, I., *Suprasegmentals.* Cambridge, Mass: M. I. T. Press, 1970.

Categorical Perception

Adults

Abramson, A. S., and Lisker, L., Voice-Timing Perception in Spanish Word-Initial Stops. *J. Phonetics.* 1, 1973, 1–8.

Elman, J. L., Diehl, R. L., and Buchwald, S. E., Perceptual Switching in Bilinguals. *J. Acoust. Soc. Am.* 62, 1977, 991–994.

Fry, D., Abramson, A., Eimas, P., and Liberman, A. M., The Identification and Discrimination of Synthetic Vowels. *Lang. Speech.* 5, 1962, 171–189.

Fujisaki, H., and Kawashima, T., Some Experiments on Speech Perception and a Model for the Perceptual Mechanism. *Annu. Rep. Res. Inst.* (Tokyo Univ.) 29, 1970, 207–214.

Liberman, A. M., Harris, K. S., Hoffman, H. S., and Griffith, B. C., The Discrimination of Speech Sounds within and across Phoneme Boundaries. *J. Exp. Psychol.* 54, 1957, 358–368.

Lisker, L., and Abramson, A. S., A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *Word.* 20, 1964, 384–422.

Miyawaki, K., Strange, W., Verbrugge, R. R., Liberman, A. M., Jenkins, J. J., and Fujimura, O., An Effect of Linguistic Experience: The Discrimination of [r] and [l] by Native Speakers of Japanese and English. *Percept. Psychophys.* 18, 1975, 331–340.

Stevens, K. N., Liberman, A. M., Studdert-Kennedy, M., and Öhman, S., Cross-language Study of Vowel Perception. *Lang. Speech.* 12, 1969, 1–23.

Strange, W., and Jenkins, J. J., The Role of Linguistic Experience in the Perception of Speech. In *Perception and Experience.* R. D. Walk and H. L. Pick (Eds.) New York: Plenum Press, 1978, pp. 125–169.

Infants and Animals

Eimas, P. D., Speech Perception in Early Infancy. In *Infant Perception.* L. B. Cohen and P. Salapatek (Eds.) New York: Academic Press, 1975, pp. 193–231.

Eimas, P. D., Siqueland, E. R., Jusczyk, P., and Vigorito, J., Speech Perception in Infants. *Science.* 171, 1971, 303–306.

Jusczyk, P. W., Perception of Syllable-Final Stop Consonants by Two-Month-Old Infants. *Percept. Psychophys.* 21, 1977, 450–454.

Kuhl, P. K., and Miller, J. D., Speech Perception by the Chinchilla: Voiced-Voiceless Distinction in Alveolar Plosive Consonants. *Science.* 190, 1975, 69–72.

Morse, P. A., Infant Speech Perception: A Preliminary Model and Review of the Literature. In *Language Perspectives: Acquisition, Retardation, and Intervention.* R. L. Schiefelbusch and L. L. Lloyd (Eds.) Baltimore: University Park Press, 1974, pp. 19–53.

Morse, P. A., Speech Perception in the Human Infant and the Rhesus Monkey. Conference on Origins and Evolution of Language and Speech. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 280, 1976, 694–707.

Morse, P. A., and Snowdon, C. T., An Investigation of Categorical Speech Discrimination by Rhesus Monkeys. *Percept. Psychophys.* 17, 1975, 9–16.

Waters, R. S., and Wilson, W. A., Jr., Speech Perception by Rhesus Monkeys: The Voicing Distinction in Synthesized Labial and Velar Stop Consonants. *Percept. Psychophys.* 19, 1976, 285–289.

Auditory and Phonetic Analysis

Carney, A. E., and Widin, G. P., Acoustic Discrimination within Phonetic Categories. *J. Acoust. Soc. Am.* 59, 1976, S25 (A).

Cutting, J., and Rosner, B. S., Categories and Boundaries in Speech and Music. *Percept. Psychophys.* 16, 1974, 564–570.

Eimas, P. D., and Corbit, J. D., Selective Adaptation of Linguistic Feature Detectors. *Cognitive Psychol.* 4, 1973, 99–109.

Pisoni, D. B., and Lazarus, J. H., Categorical and Noncategorical Modes of Speech Perception along the Voicing Continuum. *J. Acoust. Soc. Am.* 55, 1974, 328–333.

Strange, W., The Effects of Training on the Perception of Synthetic Speech Sounds: Voice Onset Time. Unpublished doctoral dissertation, University of Minnesota, 1972.

Perception and Learning

Bremer, C. D., Discrimination and Identification of Synthetic Speech by a Child Exhibiting Voicing Confusions in Production. Paper presented at ASA meeting, Washington, D. C., 1978.

Simon, C., and Fourcin, A. J., Cross-language Study of Speech-pattern Learning. *J. Acoust. Soc. Am.* 63, 1978, 925–935.

Stevens, K. N., and Klatt, D. H., Role of Formant Transitions in the Voiced-Voiceless Distinction for Stops. *J. Acoust. Soc. Am.* 55, 1974, 653–659.

Williams, L., Speech Perception and Production as a Function of Exposure to a Second Language. Unpublished doctoral dissertation, Harvard University, 1974.

Zlatin, M. A., and Koenigsknecht, R. A., Development of the Voicing Contrast: Perception of Stop Consonants. *J. Speech Hear. Res.* 18, 1975, 541–553.

Production and Perception

Aungst, L. F., and Frick, J. V., Auditory Discriminability and Consistency of Articulation of /r/. *J. Speech Hear. Disord.* 29, 1964, 76–85.

Borden, G. J., Use of Feedback in Established and Developing Speech. In *Speech and Language: Advances in Basic Research and Practice.* Vol. IV, N. J. Lass (Ed.) New York: Academic Press (in press).

Goehl, H., and Golden, S., A Psycholinguistic Account of Why Children Do Not Detect their own Errors. Paper presented at ASHA meeting, Detroit, 1972.

Goto, H., Auditory Perception by Normal Japanese Adults of the Sounds 'L' and 'R.' *Neuropsychologia* 9, 1971, 317–323.

Kornfeld, J. R., What Initial Clusters Tell Us About the Child's Speech Code. *Q. Prog. Rep. Res. Lab. Electron. M. I. T.* 101, 1971, 218–221.

Locke, J. L., and Kutz, K. J., Memory for Speech and Speech for Memory. *J. Speech Hear. Res.* 18, 1975, 176–191.

McReynolds, L. V., Kohn, J., and Williams, G. C., Articulatory-Defective Children's Discrimination of their Production Errors. *J. Speech Hear. Disord.* 40, 1975, 327–338.

Menyuk, P., and Anderson, S., Children's Identification and Reproduction of /w/, /r/ and /l/. *J. Speech Hear. Res.* 12, 1969, 39–52.

Neurophysiology of Speech Perception

Berlin, C., Hemispheric Asymmetry in Auditory Tasks. In *Contemporary Issues in Experimental Phonetics.* N. J. Lass (Ed.) New York: Academic Press, 1976.

Cutting, J. E., A Parallel between Encodedness and the Ear Advantage: Evidence from an Ear-Monitoring Task. *J. Acoust. Soc. Am.* 53, 1973, 358 (A).

Darwin, C. J., Ear Differences in the Recall of Fricatives and Vowels. *Q. J. Exp. Psychol.* 23, 1971, 46–62.

Darwin, C. J., Dichotic Backward Masking of Complex Sounds. *Q. J. Exp. Psychol.* 23, 1971, 386–392.

Day, R. S., and Vigorito, J. M., A Parallel between Encodedness and the Ear Advantage: Evidence from a Temporal-Order Judgment Task. *J. Acoust. Soc. Am.* 53, 1973, 358 (A).

Gardner, H., *The Shattered Mind.* Westminster, Md.: Knopf, 1975.

Gazzaniga, M. S., and Sperry, R. W., Language after Section of the Cerebral Commissures. *Brain.* 90, 1967, 131–148.

Godfrey, J. J., Perceptual Difficulty and the Right Ear Advantage for Vowels. *Brain Lang.* 4, 1974, 323–336.

Goodglass, H., and Geschwind, N., Language Disorders (Aphasia). In *Handbook of Perception, Vol. 7: Language and Speech.* E. C. Carterette and M. P. Friedman (Eds.) New York: Academic Press, 1976, pp. 389–428.

Kimura, D., Cerebral Dominance and the Perception of Verbal Stimuli. *Can. J. Psychol.* 15, 1961, 166–171.

Kimura, D., Functional Asymmetry of the Brain in Dichotic Listening. *Cortex* 3, 1967, 163–178.

Lenneberg, E. H., *Biological Foundations of Language.* New York: Wiley & Sons, 1967.

Milner, B. (Ed.), *Hemisphere Specialization and Interaction.* Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1975.

Penfield, W. L., and Roberts, L., *Speech and Brain Mechanisms.* Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1959.

Pisoni, D. B., and McNabb, S. D., Dichotic Interactions of Speech Sounds and Phonetic Feature Processing. *Brain Lang.* 4, 1974, 351–362.

Shankweiler, D. P., and Studdert-Kennedy, M., Identification of Consonants and Vowels Presented to Left and Right Ears. *Q. J. Exp. Psychol.* 19, 1967, 59–63.

Sperry, R. W., and Gazzaniga, M. S., Language Following Surgical Disconnection of the Hemispheres. In *Brain Mechanisms Underlying Speech and Language.* C. H. Millikan and F. L. Darley (Eds.) 1967,

New York: Grune and Stratton. pp. 108–121.

Studdert-Kennedy, M., and Shankweiler, D. P., Hemispheric Specialization for Speech Perception. *J. Acoust. Soc. Am.* 48, 1970, 579–594.

Warren, R. M., Verbal Transformation Effect and Auditory Perceptual Mechanisms. *Psychol. Bull.* 70, 1968, 261–270.

Weiss, M. and House, A. S., Perception of Dichotically Presented Vowels. *J. Acoust. Soc. Am.* 53, 1973, 51–58.

Wernicke, C. Der aphasische *Symptomencomplex.* Breslau: Franck and Weigert, 1874.

Whitaker, H. A., Neurobiology of Language. In *Handbook of Speech Perception, Vol. 7: Language and Speech.* E. C. Carterette and M. P. Friedman (Eds.) New York: Academic Press, 1976, pp. 389–420.

Wood, C. C., Auditory and Phonetic Levels of Processing in Speech Perception: Neurophysiological and Information-Processing Analysis. *J. Exp. Psychol. (Hum. Percept.)* 104, 1975, 3–20.

Wood, C. C., Goff, W. R., and Day, R. S., Auditory Evoked Potentials during Speech Perception. *Science.* 173, 1971, 1248–1251.

Zaidel, E., Linguistic Competence and Related Functions in the Right Cerebral Hemisphere of Man. Unpublished doctoral dissertation, Calif. Institute of Technology, 1973.

Memory and Speech Perception

Cole, R. A., Different Memory Functions for Consonants and Vowels. *Cognitive Psychol.* 4, 1973, 39–54.

Crowder, R. G., Visual and Auditory Memory. In *Language by Ear and Eye: The Relationships between Speech and Reading.* J. F. Kavanagh and I. G. Mattingly (Eds.) Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1972, pp. 251–275.

Crowder, R. G., and Morton, J., Precategorical Acoustic Storage (PAS). *Percept. Psychophys.* 5, 1969, 365–373.

Darwin, C. J., and Baddeley, A. D., Acoustic Memory and the Perception of Speech. *Cognitive Psychol.* 6, 1974, 41–60.

Massaro, D. W., Preperceptual Images, Processing Time, and Perceptual Units in Auditory Perception. *Psychol. Rev.* 79, 1972, 124–145.

Norman, D. A., *Memory and Attention.* New York: Wiley & Sons, 1969.

Studdert-Kennedy, M., Shankweiler, D. P., and Schulman, S., Opposed Effects of a Delayed Channel on Perception of Dichotically and Monotically Presented CV Syllables. *J. Acoust. Soc. Am.* 48, 1970, 599–602.

Theories of Speech Perception

Abbs, J. H., and Sussman, H. M., Neurophysiological Feature Detectors and Speech Perception: A Discussion of Theoretical Implications. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 23–36.

Ades, A. E., How Phonetic is Selective Adaptation? Experiments on Syllable Position and Environment. *Percept. Psychophys.* 16, 1974, 61–66.

Bailey, P., Perceptual Adaptation for Acoustical Features in Speech. *Speech Perception Report on Speech Research in Progress.* Series 2. Belfast: Psychology Department. The Queens University, 1973. pp. 29–34.

Chistovich, L. A., Klass, V. A., and Kuzmin, Y. I., The Process of Speech Sound Discrimination. *Vopr. Psikhol.* 8, 1962, 26–39.

Cole, R. A., and Scott, B., Toward a Theory of Speech Perception. *Psychol. Rev.* 81, 1974, 348–374.

Cooper, W. E., Adaptation of Phonetic Feature Analyzers for Place of Articulation. *J. Acoust. Soc. Am.* 56, 1974, 617–627.

Cooper, W. E., and Blumstein, S., A 'Labial' Feature Analyzer in Speech Perception. *Percept. Psychophys.* 15, 1974, 591–600.

Dorman, M. F., Raphael, L. J., and Liberman, A. M., Some Experiments on the Sound of Silence in Phonetic Perception. *J. Acoust. Soc. Am.* 65, 1979, 1518–1532.

Fant, G., Auditory Patterns of Speech. *Models for the Perception of Speech and Visual Form.* W. Wathen-Dunn (Ed.) Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1967, pp. 111–125.

Lane, H. L., The Motor Theory of Speech Perception: A Critical Review. *Psychol. Rev.* 72, 1965, 275–309.

Liberman, A. M., The Grammars of Speech and Language. *Cognitive Psychol.* 1, 1970, 301–323.

Liberman, A. M., Cooper, F. S., Shankweiler, D. S., and Studdert-Kennedy, M., Perception of the Speech Code. *Psychol. Rev.* 74, 1967, 431–461.

Marler, P., A Comparative Approach to Vocal Development: Song Learning in the White-crowned Sparrow. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 71, 1970, 1–25.

Morton, J., and Broadbent, D. E., Passive versus Active Recognition Models or Is Your Homunculus Really Necessary? In *Models for the Perception of Speech and Visual Form.* W. Wathen-Dunn (Ed.) Cambridge, Mass., M. I. T. Press, 1967, pp. 103–110.

Pisoni, D. B., and Sawusch, J. R. Some Stages of Processing in Speech Perception. In *Structure and Process in Speech Perception.* A. Cohen and S. G. Nooteboom (Eds.) Berlin: Springer-Verlag, 1975, pp. 16–34.

Stevens, K. N., The Quantal Nature of Speech: Evidence from Articulatory-Acoustic Data. In *Human Communication: A Unified View.* E. E. David, Jr. and P. B. Denes (Eds.) New York: McGraw-Hill, 1972, pp. 51–66.

Stevens, K. N., Further Theoretical and Experimental Bases for Quantal Places of Articulation for Consonants. *Q. Prog. Rep. Res. Lab. Electron. M. I. T.* 108, 1973, 248–252.

Stevens, K. N., and Halle, M., Remarks on Analysis by Synthesis and Distinctive Features. In *Models for the Perception of Speech and Visual Form.* W. Wathen-Dunn (Ed.) Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1967, pp. 88–102.

Stevens, K. N., and House, A. S., Speech Perception. In *Foundations of Modern Auditory Theory. Vol. 2,* J. Tobias (Ed.) New York: Academic Press, 1972, pp. 3–57.

Stevens, K. N., and Perkell, J. S., Speech Physiology and Phonetic Features. In *Dynamic Aspects of Speech Production.* M. Sawashima and F. S. Cooper (Eds.) Tokyo: University of Tokyo Press. 1977, pp. 323–341.

Studdert-Kennedy, M., Liberman, A. M., Harris, K. S., and Cooper, F. S., Motor Theory of Speech Perception: A Reply to Lane's Critical Review. Psychol. Rev. 77, 1970, 234–249.

Whitfield, I. C., and Evans, E. F., Responses of Auditory Cortical Neurons to Stimuli of Changing Frequency. J. Neurophysiol. 28, 1965, 655–672.

الفصل السادس

أجهزة البحث في علم الكلام . Research Tools In Speech Science

أن نعرف أننا نعرف ما نعرف، وأننا لا نعرف ما لا نعرف، تلك هي المعرفة الحقيقية
ثورو والدين (مستشهداً بكونفيشوس).

إن هدف البحث هو إيجاد أجوبة عن أسئلة بشأن أنفسنا وبشأن العالم المحيط بنا. وربما لا يمكن تحقيق هذا الهدف كاملاً لأنه يجب على نتائج البحث أن تصفّى من خلال إدراكنا لها. وهي في أحسن الأحوال مجرد تجريدات للواقع. ومع ذلك، فإن عملية البحث هي وسيلة دراسة أقسام من ظواهر مركبة معقدة بهدف توحيد الأقسام في فهم أفضل. وهناك عدة طرق في البحث عن أجوبة تستخدم دراسة الصوتيات طريقتين منها وهما الملاحظة والتجربة.

بحوث الملاحظة والتجربة Observational And Experimental Research

يعتمد أسلوب الملاحظة على تسجيل حوادث بغرض تنظيم علائق فيما بينها. أما في الأسلوب التجريبي، فتراقب العلائق تحت ظروف مضبوطة يبدّل فيها المجرب التغيرات التجريبية بانتظام.

وأحد الأمثلة للبحث الذي يعتمد على علم مادة مجموعة من خلال الملاحظة هو تنظيم الدالات المتعلقة بوظائف الأعضاء الفيزيولوجية من خلال تسجيلها. فعلى سبيل

المثال، يقيس الباحث المهتم بالعوامل الضابطة للتردد الأساسي في الكلام: التردد الأساسي، وخرج عدد من العضلات الحنجرية، وضغط الهواء التحتجري. وعليك مراقبة العلائق كعلاقة نشاط العضلة الدرقية ـ الحلقانية في التردد الأساسي أثناء الجهر. وفي مثال آخر، يمكن فحص الأطياف الصوتية لمقارنة أنماط التشكيلات الموجية المميزة، وأنماط الصخب بالسمات (الصوتية) كالفرق بين طبقات التردد العالي في احتكاك /ʃ/ و /S/ في سياقات صوائت مختلفة.

ويمكن استخدام الأسلوب التجريبي في دراسة الصوتيات الفيزيولوجية المتعلقة بوظائف الأعضاء. وقد تكون التسجيلات النموذجية التجريبية على النحو الآتي: تقارن الألفاظ الكلامية التي تصدر عادياً (حالة الضبط) بالألفاظ نفسها تحت حالة أو ظرف أو شرط تجريبي كالمخدر الفمي مثلاً كي يلاحظ تأثيرات إزالة الحساسية على الكلام، ففي هذا المثال يكون المتحول التابع هو الكلام(والمتحول الذي يُراقب لأية تغيرات حاصلة) ويكون التابع المستقل (المتحول الذي يتحكم به الباحث) هو وجود الخدار أو غيابه.

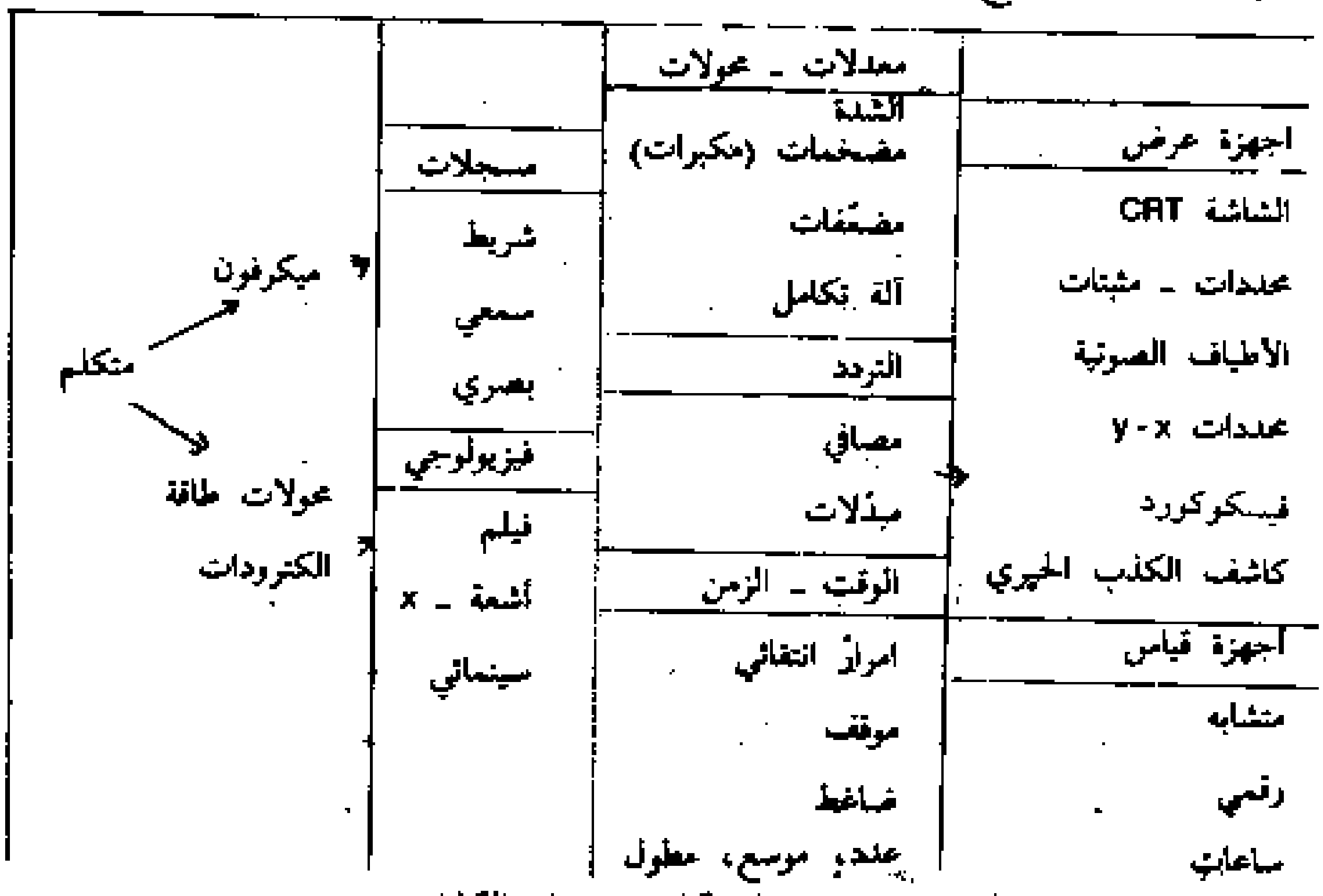
إن استخدام الأسلوب التجريبي شائع في دراسات إدراك الكلام. فمن خلال ضبط نمط الترددات، والشدة، والتوقيت في مؤثرات الكلام المركب، يمكن استقدام التغيرات لاكتشاف ما التأثيرات الإدراكية التي يمكن أن تفعلها عند المستمعين. وعلى نحو مماثل، يمكن استخدام مؤثرات الكلام العادي في تجارب إدراك الكلام. ويمكن للمتحول المستقل أن يكون زرع طقطقة في كلام مسجل، أو حذف بعض أجزاء الرسالة، أو تشويه الإشارة وفي مثل هذه التصاميم التجريبية، ستكون الطريقة التي تُدرك فيها الأصوات بعد التغيرات هي المتحول التابع.

وعندما يتوافر الجهاز أو الآلة لدى الباحثين، كما حدث بقدوم الطيف الصوتي، وتخطيط العضل الكهربائي، يأتي حين من الوقت يحيل البحث فيه إلى الملاحظة والمراقبة، مثل مقارنة الأنماط السمعية في الطيوف أو انماط النشاط العضلي في تسجيلات EMG بالسمات، والأصوات الكلامية، أو مقاطع الكلام. ويحدث عادة أن فترة تنظيم النتائج في نظريات أو نماذج تختبر بعد ذلك من خلال استخلاص افتراضات تجريبية من نظرية عامة واسعة، وتصميم عدة تجارب أو تجربة واحدة لاختبارها. وتصفّى النظرية وتنقح بتوافر المعلومات المتوافرة. وهكذا يكمّل البحث التجريبي وبحث الملاحظة كلّ

منها الآخر. وينطوي بحث الصوتيات على دراسة منتظمة لوظائف الأعضاء في إصدار الكلام، والخاصيات البدنية والسمعية للرمز الكلامي، وإدراك المستمعين للأصوات الكلامية.

بعض الأجهزة Some Instruments

يجب أن يعرف علماء الكلام كيف يستفيدون من الأجهزة العديدة المناسبة في بحوث الكلام. وعلى الجملة يمكن تقسيم المعروضات الآتية على مجموعتين: تختص الأولى بتحليل المخرج الكلامي سمعياً أو فيزيولوجياً، وتختص الثانية بتحليل الدّخل. كما في جمع استجابات المستمعين في بحوث إدراك الكلام. يصور الشكل (6.1) بياناً بالأجهزة أو الآلات الأساسية المستخدمة غالباً في تحليل المخرج الكلامي. يسجل صوت المتكلم بطرائق عدة متنوعة. وتضم الإمكانيات تسجيل الإشارة السمعية، وحركة عضو النطق أو بعض الحوادث الفيزيولوجية الأخرى المتصلة بوظائف الأعضاء مثل الضغط الهوائي أو النشاط العضلي. ويمكن تحوير الإشارات المسجلة أو تعديلها بواسطة مضخمات الصوت أو مضعّفاته، أو المصافي، أو استخدام آلات التكميل، أو يمكن عدّه وإحصاءه واستخراج متوسطه بواسطة حاسوب قبل عرضه.



الشكل 6.1 : أجهزة تستخدم في تحليل إصدار الكلام.

تعرض الإشارات المختلفة، أحياناً، بوساطة مقاييس أو جهاز مراقبة أو مرسمة الذبذبة، وهذه تشبه شاشات التلفاز. وهناك شكل عرض يدوم أطول وهو «النسخ الواصب» وذلك مصطلح يستخدم للدلالة على مادة بحث على قطع ورقية يمكن تحليلها حتى بعد انقضاء التجربة. وتصدر[1] مرسمات المحبرية ومرسمات x-y ، والتصوير العادي أو السينمائي، والأطياف الصوتية نسخاً واصباً. وتصوير الكلام السينمائي الفلوري هو أسلوب بحث يعتمد على صفوف خَرج مركبة من الأجهزة، فالمسجل هو آلة تصوير حركية تسجل صوراً شعاعية لمجرى المتكلم الصوتي من مضخم صورة يضخم الصورة الشعاعية من خلال زيادة التباين بين عدة أجزاء فيها. والفلم المُظهّر هو للعرض، حيث يمكن تحويله إلى رسوم بواسطة تحليل الفلم صورة صورة. وبديل آخر هو أنه يمكن تتبع نقطة مُعلّمة* بذاتها في عضو نطق من صورة إلى صورة، وتصور على حاسوب مراقب يمكن الحصول على نسخة واصبة منه.

الصوتيات السمعية Acoustic Phonetics

إن الأجهزة المستخدمة في تحليل الأصوات الكلامية متوافرة في معظم أقسام الكليات التي تعرض برامج دراسات وبحوث في الكلام والسمع، ومتوافرة أيضاً حتى في تلك الأقسام التي لا تحتوي إلاّ على أجهزة قليلة في دراسة وظائف أعضاء الكلام. إن استخدام آلات التسجيل الشريطية، ومرسمات الذبذبات الصوتية أصبحت عالمية تقريباً، وأصبح الطيف الصوتي معروف على نحو متزايد أيضاً.

تسجيل الكلام Recording Speech

العديد منا شديد التدقيق في اختيار أجهزة تحليل الكلام وتقويمها واستخدامها، ومع ذلك نظل غير مهتمين بالطريقة التي نسجل فيها الصوت نفسه. والهدف من التسجيل الشريطي إنما هو التقاط إشارة كلامية صافية بأقل قدر ممكن من التشويه، ومستوى قليل من الصخب المحيط. إن موقع التسجيل شرط مهم للغاية. وتمثل

مقصورة مصفحة سمعياً، بجدران تمتص الصوت (كما في الشكل 6.2) حيث يجلس فيها المتكلم أمام مذياع «ميكروفون» والباب مغلق، موقعاً مثالياً، وإن لم تتوافر المقصورة المصفحة سمعياً فإن ما يفي بالغرض غالباً هو تسجيل الكلام في غرفة هادئة ذات قرميدات سمعية أو بطانيات أو مواد أخرى ماصة للكلام، ويتم التسجيل في أهدأ أوقات اليوم. إذ تكون الغرفة التي في داخل المبنى عادة أهدأ من الغرف المطلّة على شارع مزدحم، إلاّ إذا وقعت الأولى بجوار مصعد المبنى.

الشكل 6.2 : متكلم يسجل صوته في مقصورة مصفحة سمعياً (جامعة تيمبل)

ويستجيب المذياع «الميكروفون» للموجات الضغطية ويحول الإختلافات الضغطية إلى إشارات كهربائية مختلفة على محور الزمن. وتنقل الإشارات إلى رأس التسجيل في آلة التسجيل، حيث تبدل الإشارة الحقل المغناطيسي، ومن ثم تصنع أو تفرض نمطاً على الغطاء الأكسيدي المعدني في الشريط السمعي البلاستيكي. واختيار المذياع مهم أيضاً. حيث يبث مذياع أحادي الإتجاه على بعد عدة سنتمترات من شفاه المتكلم معدّل إشارات أعلى من معدل الصخب في مذياع متعدد الإتجاهات يستجيب على نحو مساوٍ للمتكلم والأصوات الأخرى القادمة من الجهات الأخرى في الغرفة. ويجب على آلة التسجيل (الشكل 6.3) أن تُحرِكَ بنعومةٍ، وأن تمتلك مقدرة إلغاء فعالة وتظيفة، وأن تسجل، وأن تمتلك رؤوس إعادة وأن تحتوي على مقياس مناسب يقيس درجة الشدة

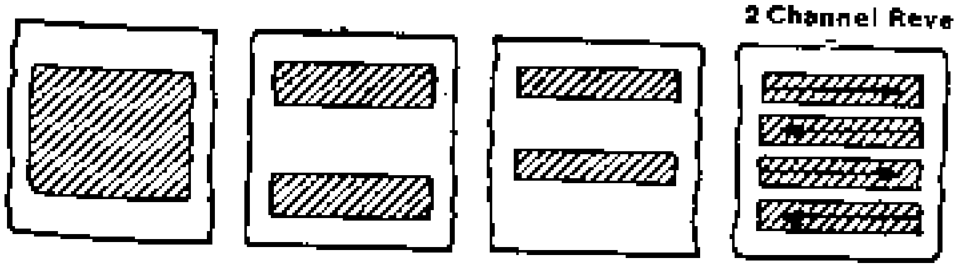
الشكل 6.3 مسجل شريطي من بكرة إلى أخرى (جامعة ...

ومقياس جهارة الـ ... (وحدة جهارة الصوت) الموجود في عدة آلات تسجيل ليس الأفضل في قياس ... الجاري، لأنه لا يستجيب ... كافية إلى اختلافات الشدة الواسعة في مثل ... الإشارات ولذلك فإنه من الأف... إبقاء مؤشر وحدة جهاز الصوت تحت المنطقة الحمراء بقليل في قمم الصوائت. يفوق ... التضخيم الكبير أو الحمل الزائد أثناء التسجيل حد ... قدرة آلة التسجيل، ولذلك فسر... تقص القمم السمعية العالية مما يؤدي إلى تسجيل إشارة مشوه.

هناك خيارات في سرعات الشريط في آلة التسجيل عادة. فعلى ... المثال، يمكن لآلية السحب أن تسحب سبعة «انشات» ونصف «الإنش» من ... الشريط عبر الرؤوس في ثانية واحدة أو 3.75 إنشا فقط في كل ثانية. وكلما ازدادت السر... كان أفضل لأنه لا يلتقط سوى صخب قليل عندما يمرّ الشريط فوق الرؤوس بسرعة.

ويختلف عرض الشريط في نماذج مختلفة من آلات التسجيل، وغالباً ما تكون الأشرطة في أجهزة التسجيل (الكاسيت) أضيق من تلك المستخدمة في أجهزة التسجيل التي تستخدم المكبرات. وتستخدم آلة تسجيل تسجّل كامل الأثر عرض الشريط بكامله

في توضع الإشارة بينما تستخدم آلة تسجيل تسجّل نصف الأثر نصف الشريط لكل قناة، أو في كل اتجاه إن كانت هناك قناة واحدة (يمكنك أن تقلب الشريط وتسجل النصف الآخر)، بينما تستخدم آلة تسجيل تسجّل ربع الأثر نصف الشريط لقناة واحدة (في كلا الإتجاهين)، والنصف الآخر للقناة الأخرى (في كلا الإتجاهين أيضاً) والتأمل القليل في الشكل (6.4) سيكشف الآثار المدمرة لتسجيل ميداني على آلة تسجيل ربع أثرية (تسجيل ربع الأثر). والمحاولة فيما بعد لإعادة تسجيل الشريط الأساسي أو تحليله بوساطة إعادته على مسجل مخبري يستخدم كامل الأثر أو نصفه.



الشكل 6.4 . بعض ترتيبات شريطية شائعة. يشير كل قسم إلى ترتيب (توضع) الإشارة على الشريط من خلال الترتيب الرأسي المشار.

ولو سجلت الأشارات بكثافة عالية، وكان الشريط مشدوداً جداً على البكرة، لأمكن عندئذٍ، أن تؤثر الإشارات الموجودة في أحد مقاطع شريط في الحقل المغناطيسي في قطعة من الشريط مضغوطة باتجاهها مما يؤدي إلى انتقال التسجيل، وأثناء الإستماع إلى شريط مسجّل بتسجيل منقول، يمكن للمستمع أن يسمع التسجيل الأساسي وصداه في إحدى دورات البكرة. وينتج عن استخدام خيارات «للأمام بسرعة» أو «للخلف بسرعة» بكرة ملفوفة بشدة مع فرصة أكبر للتسجيل المنقول. وللوقاية من التسجيل المنقول يمكن للمرء أن يستخدم شريطاً بسماكة عالية (½ ١ ملم سيكون مناسباً)، ويسجل بكثافة أقل، ويودع الشريط على بكرة الشد أو المتابعة بعد الإستماع إليه مباشرة. (ومن المفيد أن تسجل ملاحظة «أعد اللف قبل الإستخدام» على الأشرطة المودعة كي تتجنب إحباط المستمعين الآخرين)

تحليل شكل الموجة Waveform Analysis

إن إحدى طرق جعل الموجات الصوتية مرئية من أجل تحليلها هي استخدام جهاز يقوم بعرض أشكال الموجات يسمى جهاز رسم الذبذبات ويمكن لمرسمة التذبذبات (الشكل 6.5) أن تعرض أية إشارة تتغير بمرور الزمن وتحوله إلى تغيرات مستمرة أو تغيرات فلطية. حيث يقوم شعاع الكتروني من أنبوب الأشعة الكاثودية بضرب الشاشة

الشكل 6.5 : مرسمة ذبذبات خازنة (جامعة تيمبل)

ومن أجل عرض الكلام عليك أن تجعل الشعاع يمسح الشاشة بكاملها، وتقوم الإشارة الصوتية - تكون التغذية إما من مذياع أو آلة تسجيل - بحرف الشعاع مشكلة عرضاً سعوياً على مر الزمن. والشكل (6.6 صورة «بولارويد» لمرسمة تذبذبات: خازنة، وهي أنموذج خاص من مرسمات الذبذبة تقوم بخزنه شكل موجة خازنة وعرضه

الشكل 6.6 : نسخة واصبة من مرسمة ذبذبات خازنة (مختبرات هاسكنز)

ولو قام الباحث بتسجيل دائم من هذا النوع من مرسمة ذبذبات خازنة لأمكنه فيما بعد قياس فترة الإشارة وسعتها. ومرسمة الذبذبات الخازنة ليست مفيدة ومناسبة في عرض الإشارة السمعية فحسب ولكنها مناسبة في عرض الضغط الهوائي وتدفقه وهو يسجل من التجويف الفمي، أو التجويف الأنفي أو الشفاه، أو عرض حركة محوّلة لأعضاء النطق، أو إشارات التسجيل العضلي الكهربائية، أو الموجات الدماغية أو أية إشارة متغيرة على محور الزمن محوّلة إلى تغيرات كهربائية بوساطة مذياعات أو محولات الطاقة أو الكترودات

يمكن حساب تردد أشكال الموجة الدورية بواسطة قياس الفترة والزمن مقيس بالثواني في كل دورة كاملة، وتقسيم ثانية واحدة على الفترة. فلو كانت فترة إشارة، مثلاً خمسة ميلي - ثانية(0.005 من الثانية) لكان ترددها مساوياً لمائتي هرتز.

وهكذا يمكن تأسيس التردد الأساسي في أشكال الموجات المركبة الدورية النموذجية في الصوائت من عرض مرسمة الذبذبات. لكنه لا يمكن قياس مركبات التردد الأخرى في الموجات الدورية المركبة ومركبات التردد العديدة في الإشارات الكلامية اللادورية بسهولة من عرض مرسمة (الذبذبات، لأنّ شكل الموجة المعروض هو نمط متداخل، والنمط المتداخل هو مجموع ترددات مختلفة تمتلك سمات مختلفة وعلائق طورية مختلفة أيضاً. وسيكون تقرير الترددات المكونة بسرعة من شكل الموجة وحده أمراً صعباً. لكنه يمكن تقرير ذلك بوساطة استخدام طرق ووسائل ستوصف في الفقرة اللاحقة.

التردد= $\frac{1}{\text{الفترة}}$ = $\frac{\text{1.000 ثانية}}{\text{0.005 ثانية}}$ = 200 هرتز

وهناك طريقتان أخريان تستخدمان على نطاق واسع في عرض أشكال الموجات الكلامية وكلتاهما مهمتان كمرسمة الذبذبات. وتقوم إحدى الطريقتين بوضع الإشارات في راسم أو مخطط، وذلك بجهاز يستخدم أفلاماً أو أشعة ضوئية في تحديد شكل الموجة ورسمه على ورقة تتحرك بسرعة ثابتة. ويظهر الشكل (6.7) عرض فيسكودر لأشكال موجات وُلِّدت بوساطة نقل ورق حساس للضوء [illegible] شعاع ضوئي متذبذب يستجيب إلى تغيرات الإشارة الكهربائية. تستخدم أجهزة الأقلام التقليدية ورقاً أقل كلفة، لكن نتائجها يعطلها عدم الدقة في السرعات العالية المطلوبة في تحليل الكلام بسبب قصورها الآلي.

الشكل 6.7 : فيسكودر (جامعة تيمبل)

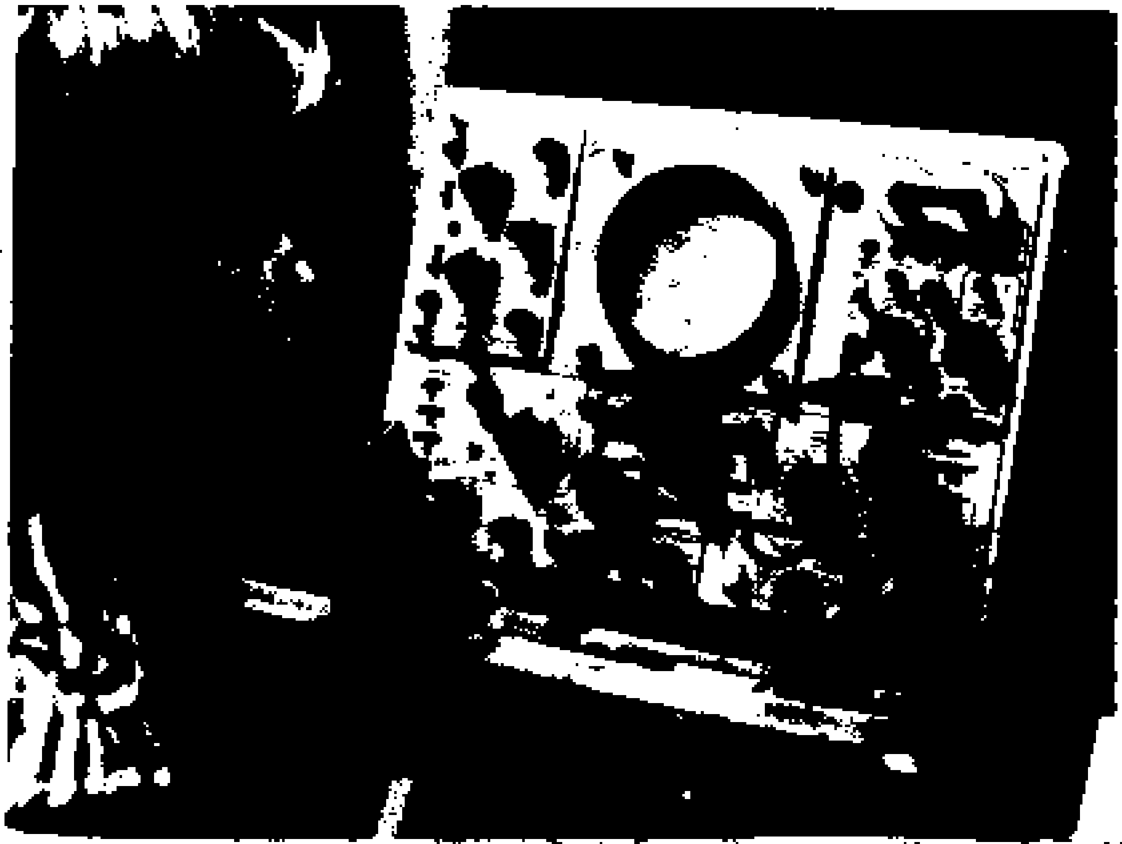
يفترض النقاش السابق أننا مهتمون بأكثر الحوادث سرعة كتغيرات درجة النغم المنفردة. أما إذا كنا مهتمين، على سبيل المثال، بالحوادث البطيئة نسبياً، كتغيرات درجة

الشدة بين مقطع وآخر فإنه يمكننا، عندئذٍ، استخدام راسم يسمى مسجل مستوى الخط البياني الذي لن يستجيب للتغيرات السريعة جداً في الإشارة (الشكل 6.8). وطبيعي أن هناك وسائل وطرقاً أكثر تعقيداً في تحليل شكل الموجة تتطلب المعالجة في حاسوب.

الشكل 6.8 : راسم مستوى الخط البياني (جامعة تيمبل).

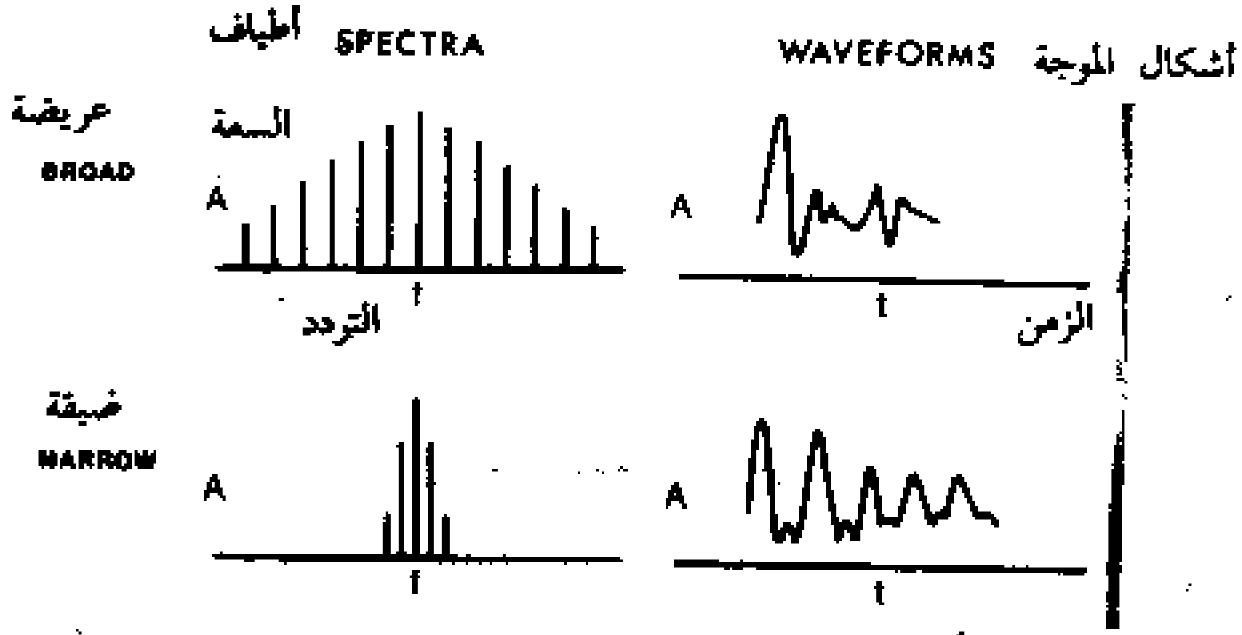
التحليل الطيفي Spectral Analysis

إن معظم الأصوات، وعلى نحو مؤكد الأصوات الكلامية من بينها، أصوات تمتلك أكثر من تردد واحد في الإشارة. ولو أراد الباحث معلومات عن توزع الطاقة في الترددات المختلفة، لأمكنه، عندئذٍ، أن يصفي الإشارة لعزل الترددات المكوّنة في الإشارات المركبة وفصلها بوساطة العرض الطيفي. والطيف، كما تذكر، عرض بياني لسعة كل موجة جيبية مكوّنة. إنه عرض بياني للتردد بالسعة، حيث تمثل السعة على الأحداثي السيني، والشدة على الأحداثي العمودي. والشكل (6.9) محلل طيفي زمني حقيقي، وهو يعرض على CRT، الأطياف المتبدلة للإشارات المركبة.

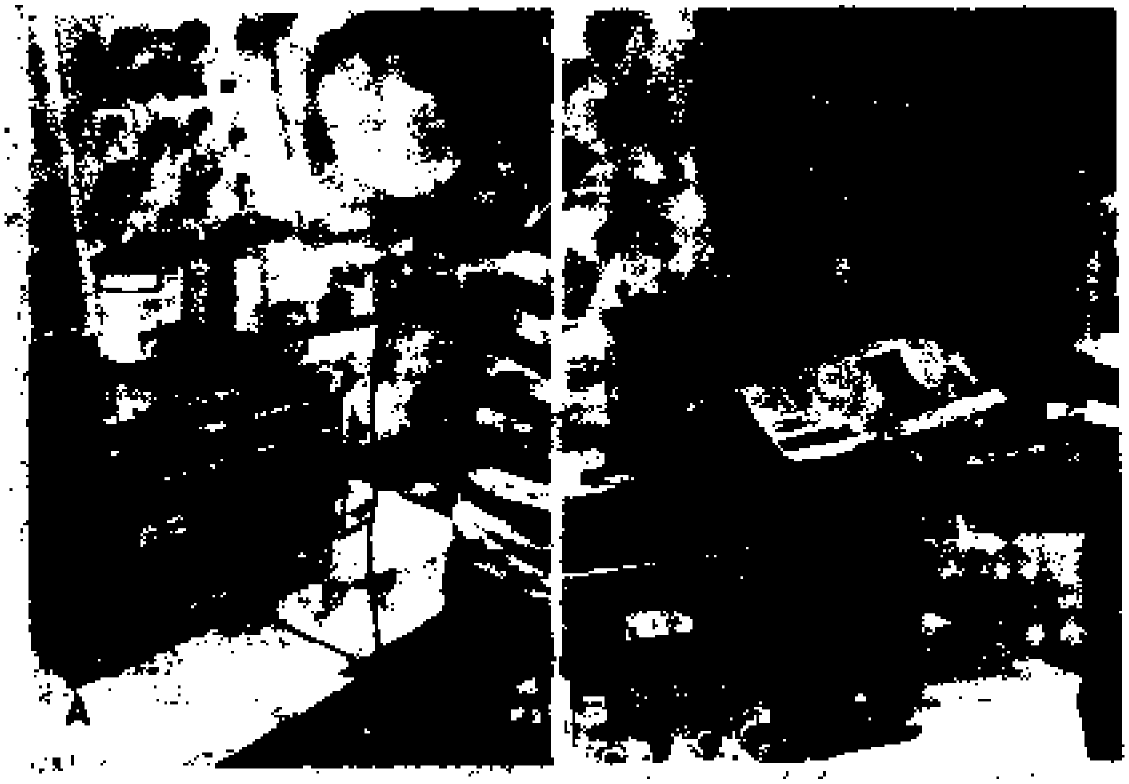


الشكل 6.9 : محلل زمني حقيقي (جامعة تيميل)

ويمكن للتغذية الصوتية أن تأتي من مذياع أو آلة تسجيل عادية، ويمكن للباحث أن يولف المحلل الطيفي على أن يعرض الترددات الهامة له (للباحث) من خلال تحديد التردد المركزي والمدى أو الطبقة. وتقوم مجموعة من المصافي بإرجاع الإشارة إلى مكوناتها. ويمكن أن ينتج عن نغمة عزفت على آلة موسيقية ضيقة التوليف طيف بقدرة ذات ترددات قليلة للغاية (الشكل 6.10).



الشكل 6.10 : تُصدر مرنانات ضيقة التوليف، وعريضة التوليف، أطيافاً بأعداد مختلفة من مكوّنات التردد. وتظهر أشكال الموجات أن المرنانات العريضة التوليف تخمد بسرعة مقارنةً بالمرنانات الضيقة التوليف.



الشكل 6.11 : مرسمة الطيف الصوتي. يسجل الصوت أولاً في (A)، ويصتقى التسجيل بعد ذلك لإصدار الطيف في (B). (جامعة تيمبل)

بينما يقوم جهاز عريض التوليف كالصوت الإنساني بتوليد طيف بقدرة ذات ترددات مختلفة بين 1000 و 4000 «هرتز». وعندما يكون الطيف المدروس ثابتاً نسبياً كما هي الحال في الصوت الموجود داخل سيارة في نفق، مثلاً، يمكن تصويره من شاشة موسمة التذبذبات أو استخراج متوسطة على فترة زمنية بوساطة حاسوب. وتخمد
مرنانات الكلام العريضة التوليف بسرعة لأنه من الصعب تتبع الكلام الدائم التغير في الوقت الحقيقي بدقة متناهية، وسيكون محلل طيفي ذو مرسمة تذبذبات خازنة مفيداً في إيقاف فعل التخامد، وهكذا يمكن تثبيت الطيف من أجل العرض وإجراء القياسات.

وكان تطوير آلة صممت خاصة، في الأربعينيات، لعرض الطيف الكلامي، مرسمة الطيف الصوتي تطوراً ثورياً.
(الشكل 6:11) وبما أن الأطياف دائمة التغير في الكلام العادي، فقد صممت هذه الآلة على أن تظهر قمم القدرة أو الطاقة في الطيف بوصفها دالّة على محور الزمن. وينطوي تصميم مرسمة الطيف الصوتي العادي على نظام يسجل الإشارات السمعية على حلقة

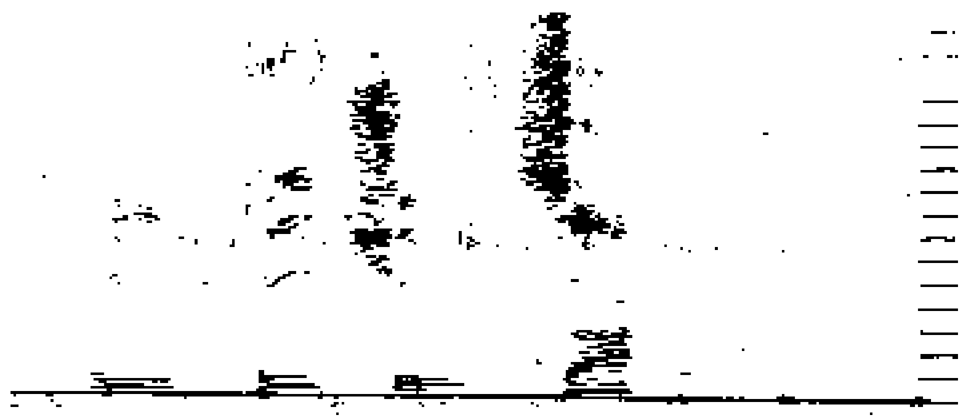
أو اسطوانة، ونظام لإعادة الإشارات المسجلة مراراً وتكراراً ونظام تصفية لمسح خُرْج الإشارات المُعادة في طبقات ترددية متتالية. وتسجل طاقة كل طبقة ترددية على ورقة خاصة مطلية بوساطة إبرة تسجيل الصوت تضع علامات محروقة على الورقة تتناسب مع درجة شدة الإشارة. يصدر الصوت العالي الشدة علامات أشد ظلمة، بينما تصدر الأصوات المنخفضة الشدة كثيراً طبقة غير معلمة على الورقة. تغيّر المصفاة ترددها المركزي من الترددات المنخفضة إلى الترددات العالية بحيث تمسح العينة المسجلة على نحو متكرر. ويظهر الطيف المنتهي خَرج المصفاة في أدنى الترددات أسفلَ محور y، بينما تظهر أعلى الترددات في القمة. يظهر الشكل (6.12) طيفاً صوتياً نموذجياً. وبما أن الزمن ممثّل على المحور السيني والتردد على المحور العمودي، فإن النظر إلى الطيف الصوتي يشبه النظر إلى Shoe box مليء بقاطعات الطيف. وإنك ترى القمم الأقرب إليك في مثل ولقد مُثّل الطيف المستقل بـ/i/ في الشكل كما يظهر خارج الصندوق.

الشكل 6.12 : طيف في اليسار. ويظهر الطيف الصوتي المستقل بـ [i] في يمين الشكل.

وهناك في العديد من مرسمات الطيف جهاز لفحص الأطياف المنفردة واختيارها من الطيف الواحد. تمثل هذه الأقسام أطيافاً تقليدية حيث يمثل كل قسم قطعي واحدة على محور الزمن الشكل (6.13).

الشكل 6.13 : طيف صوتي بمقاطع من نقاط مختارة. وتظهر إشارة متدرجة بتردد 500 هرتز في أقصى اليمين.

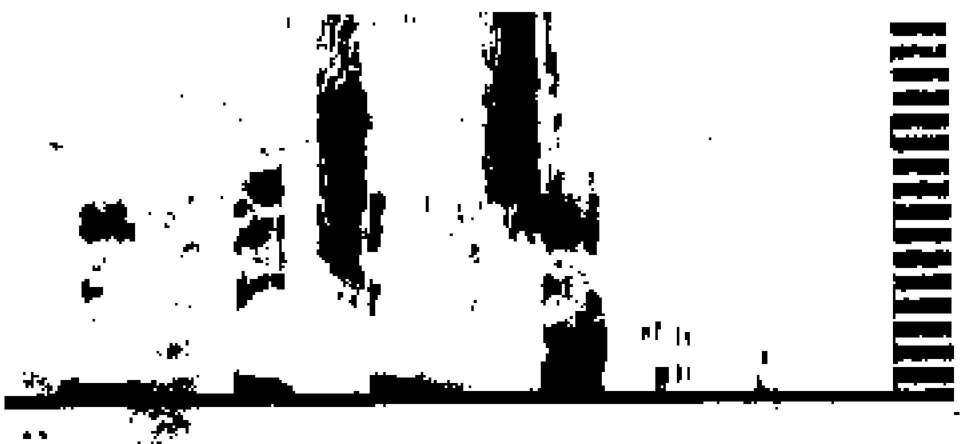
تسمح مرسمة الطيف النموذجية باستخدام مصاف مختلفة بأحد جهازي ضبط النطاق الترددي. فلو ضبطت المصفاة على المؤشر الضيق(45 هرتز عادة) يعني هذا أن نطاقاً ترددياً عرضه45 هرتز من الطيف فحسب هو الذي يحلل ويختبر في كل مرة. ومن ثم، تظهر التوافقيات المنفردة في الأصوات المجهورة على نحو واضح (6.14). وتقدم المصافي الضيقة استبانة ترددية أفضل من المصافي العريضة. إنها مفيدة في تتبع أثر التردد الأساسي في الصوت. فلو اخترت توافقياً ما، لكان التردد الأساسي هو التردد المقيس على محور(y)من ذلك التوافقي مقسماً على رقم التوافقي. فلو كان التوافقي العاشر عند نقطة 2000 هرتز، مثلاً، لكان التردد الأساسي عند تلك النقطة مساوياً لـ 200 هرتز وهذا الأسلوب مفيد، خاصة، في تسجيلات النساء والأطفال؛ لأن توافيقات تردد أساسي عالٍ تكون متباعدة على نحو فعّال وكافٍ لأن تحصىٰ أو تعد بسهولة.



الشكل 6.14 : طيف صوتي ذي نطاق ضيق. وتظهر إشارة معيّرة بتردد 500 هرتز في يمين الشكل.

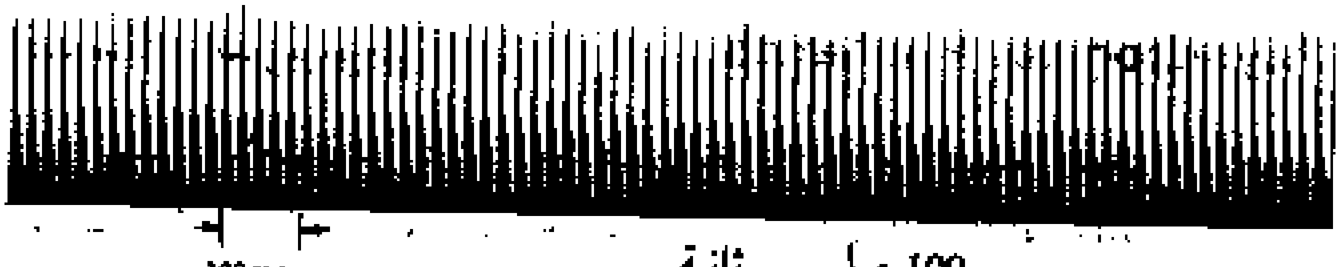
بينما تعرض المصافي العريضة (نطاق ترددي بعرض 300 هرتز في العادة) استبانة زمنية أفضل (الشكل 6.15). وبما أنها تسمح بمرور أية قدرة ضمن نطاق 300 هرتز فإن ذلك يكون سبباً لضياع التوافقيات المنفردة (إلا إذا كانت متباعدة على نحو كبير جداً كما في صوت طفل صغير)، أما رنين المجرى الصوتي، والتشكيلات الموجية المميزة فتعرف وتتوضح بجلاء. وإذا كان التردد الأساسي للصوت المسجّل منخفضاً على نحو كافٍ، فإنه يمكن رؤية النبضات المزمارّية (الحبال الصوتية) على شكل خطوط عمودية في الأقسام

المجهورة من الأطياف. وهكذا يمكن عدّ التردد الأساسي في صوت رجل كبير، في أغلب الأحيان، من أطياف نطاقات ترددية عريضة من خلال عد النبضات في ١/٥٠ من الثانية وضربها بعشرة.



الشكل 6.15 : طيف صوتي بنطاق عريض. إشارة معيّرة بتردد 500 هرتز في يمين الشكل

ويمكن قياس معلومات زمنية أخرى مثل طول الصامت (التي يمكن أن تكون مهمة في دراسة تأثيرات النبرة أو التطويل الحاصل قبل الوقفة على سبيل المثال) أو VoT من الأطياف الصوتية من خلال قياس المسافة على طول المحور الأفقي الذي يمثل الزمن. ويمكن ابتكار قاعدة قياس مفيدة من خلال تسجيل نغمة متدرجة بـ 50 هرتز وجعل طيف صوتي ذي نطاق عريض منها وستكون النتيجة سلسلة من الخطوط العمودية تتباعد بفواصل مقدار كل منها 20 ميلي ـ ثانية (1000/50 = 20)؛ ويمثل كل خمسين فاصلاً ثانية واحدة (الشكل 6.16).



الشكل 6.16 : طيف صوتي لنغمة بـ 50 هرتز. استخدمت قاعدةً في قياس الفترات في الأطياف الصوتية. يساوي كل جزء 20 ميلي ثانية (جامعة تيمبل)

وهناك توابع اختيارية في بعض مرسمات الطيف الصوتي توسّع من وظائفها. أحد

هذه التوابع محلل طيف لتحليل العينات المسجلة في الطيف يستخدم مرسمة تذبذبات لكشف مباشر أو معاينة مباشرة تقريباً. وجهاز آخر يقوم بعرض السعة؛ يعلّم منحنى الشدة الكامل بوصفه دالّةً زمنية في القسم الأعلى من الطيف (الشكل 6.17 ويمكن استخدام عرض السعة، مثلاً، في دراسات تحديد موقع النبرة في الرسالة المسجّلة.

الشكل 6.17 : طيف صوتي، ويظهر عرض السعة فيه المناظر فوقه.

يقوم الحاسوب اليوم بالتحليل الطيفي وتحليل شكل الموجة على نحو متزايد تلبية لرغبة الباحثين في البحث عن مواد بحث كبيرة حيث يوجد الآن في الأسواق محلل طيف رقمي يمكنه حالاً خزن طيفين للمقارنة على الشاشة. وإن التصفية السريعة، وعرض سمات المقارنة تجعل من هذا الجهاز وسيلة مفيدة، خاصة في بعض الحالات الطبيعية التي تحتاج إلى معالجة بالتغذية الإرجاعية. وعندما يضم إلى هذه الآلة وحدة نسخ صلبة تصبح جهاز بحث مفيد.

الصوتيات الفيزيولوجية Physiological Phonetics

يقوم الباحثون في دراسة وظائف أعضاء الكلام الضغط الهوائي، وحجم الصوت، وتدفق التيار الهوائي، وجوانب أو وجوه الحركة المختلفة (المدى، القوة، التزايد، السرعة)، ويستطيعون من خلال تسجيلات الإلكترودات قياس النشاط العضلي (EMG) ونشاط الموجات الدماغية (EEG). وقد صممت بعض التجارب على نحو يسمح للباحثين بمراقبة اضطرابات إصدار الكلام أو تشوشاته في محاولة منهم لتحديد آليات الضبط الهامة في الكلام. فعلى سبيل المثال، يمكن أن يطلب من

المستمعين أن يتكلموا وهم يعضون على عضاضات معينة تمنع حركة إغلاق الفك العادية. ويمكن مقارنة الحركات النطقية بوجود العضاضات الخاصة أو بدونها لمراقبة كيفية تكيف نظام إصدار الصوت مع التغير الحاصل. وصممت تجارب أخرى لاختبار نماذج متنوعة من التنظيم الكلامي أو نماذج النطق المشترك.

ولا يتسع المكان هنا لمناقشة كلّ الدراسات المستخدمة في الصوتيات المتصلة بوظائف الأعضاء وسيقتصر وصفنا على بعض الأجهزة المستخدمة في دراسة الحجم الهوائي، والضغط الهوائي، وتدفق التيار الهوائي، والحركات النطقية، والنشاط العضلي. يمكننا دراسة التغيرات الهوائية، والحركات، والعضلات وعلاقتها بالتنفس، والوظيفة البلعومية والنطق، ولذلك فإن النص القادم مقسم على هذه المناطق العامة، ومقسم فرعياً وفق الأنموذج المقيس. ومقارنةً مع الأجهزة التي وصفت مقدّماً، فإن معظم الأجهزة المعقدة التي ستوصف معروفة للطالب من خلال قراءاته عنها أكثر من قيامه بتجارب عليها.

التحليل التنفسي. Respiratory Analysis

هناك العديد من الأجهزة المتوفرة لدراسة التنفس أثناء الكلام، كل منها لغرضه الخاص به. ويمكن للباحث أن يسجل ضغط الهواء، وحجم الهواء، وتدفق التيار الهوائي، والحركات الصدرية والبطنية، ونشاط العضلات التنفسية. فعلى سبيل المثال: الضغط الهوائي هو قوة الهواء في منطقة ما ($p = F/A$) ويمكن قياسه بجهاز يسمى مانوميتر (الشكل 18 :6)

الشكل 6.18 المانوميتر (جامعة تيمبل)

يشار إلى الضغط بواحدات سنمترية من الماء. ويمكن تحويل الضغط إلى إشارة كهربائية بوساطة محول ضغط (الشكل 6.19) وفي هذا الشكل تُساعد متكلمة تعاني من مشاكل في التوازن بين الرنين الأنفي، والرنين الفمي، من خلال مراقبة إشارة تُعرض على مرسمة تذبذبات تمثل الضغط الهوائي الأنفي كما تتحسسه بصيلة أنفية موضوعة في أنفها تحول إلى قدرة فلطية جاهزة للعرض. وتحاول المتكلمة أنْ تصدر فرقاً كبيراً بين «bat» و «mat» وهكذا تستخدم الآلة جهاز تغذية إرجاعية.

الشكل 6.19 : يظهر محوّل ضغط وبصيلة أنفية في الملحق. توضع البصيلة الأنفية في المنخر. يحول الضغط الهوائي القادم من البصيلة إلى إشارة تظهر في مرسمة التذبذبات. يستخدم الدكتور هيور (Heuer) تغذية إرجاعية بصرية لتقليل إصدار الحسحسة الأنفية المفرطة عند المتكلم (جامعة تيمبل)

يمكن تحليل الضغط الأنفي أو اختباره خارجياً من خلال استخدام قناع وجهي مجهز بمحولات داخلة، أو داخلياً من خلال زرع قسطار في التجويفات فوق الحنجرة. يمكن قياس ضغط الهواء التحتحنجري عبر ثقب الرغامى إلى الحيز التحتحنجري. وقد قيس ضغط الهواء التحتحنجري بنحو غير مباشر، من قياسات اتخذت من المريء (الأنبوب الذي يصل المعدة خلف الرغامى) حيث بلَع من أخضع

للتجربة بالوناً صغيراً يتصل بإسطوانة مطاطية بوساطة أنبوب طويل. وضُمّ مَخرج الأسطوانة المطاطية وعُرض. وتكون قراءات الضغط المأخوذة مباشرة من المنطقة التحتحنجرية أكثر دقة من تسجيل المريء، لكنها تنطوي على ثقب الرغامى.

والتدفق الهوائي هو قياس حجم الهواء المتحرك في وحدة زمنية، ويقاس عادة في ميليمترات في الثانية. وهناك قناع وجهي ذو مقياس تدفق هوائي منفرد للتجاويف الأنفية وآخر للتجاويف الفمية يسمى بمرسمة التنفس (الشكل 6.20). ويمكن لصوت كلامي أصدر بضغط وتدفق عاليين نسبياً كـ /p/ مثلاً أن يُظهر قيمة مقدارها 7سم من H_2O في ضغط الهواء الفمي، وحوالي 500 ميلي - ثانية في التدفق الهوائي.

الشكل 6.20 : مرسمة تنفس (جليفة انيميل)

ومن الممكن أيضاً قياس ديناميات تغير حجم الهواء الرئوي. وأكثرالأجهزة استخداماً في التسجيل من المرات التنفسية هو مقياس التنفس، حيث يقيس الحجم الهوائي، كالحجم المدي أوالقدرة الحيوية، ويحددها أو يرسمها على أسطوانة دوّارة (الشكل 6.21).

الشكل 6.21 : مقياس التنفس (جامعة تيمبل)

ويستخدم في قياس التغيرات الحجمية أثناء الكلام أو تغيرات الحجوم الهوائية في الجسم جهاز يسمى «مُخطط التحجم»، الشكل (6.22) حيث يقوم بالتسجيل من دون استخدام القناع الوجهي الذي يمكنه أن يتدخل بالكلام، وعوضاً عن ذلك يجلس المرء في صندوق شديد الإحكام وبذلك تنعكس أية تغيرات في الحجم الصدري أو البطني في مخطط التحجم الذي يمكن وصله بمقياس التنفس للحصول على خرج بياني

الشكل: 6.22 مقياس تحجم جسمي (جامعة تيمبل)

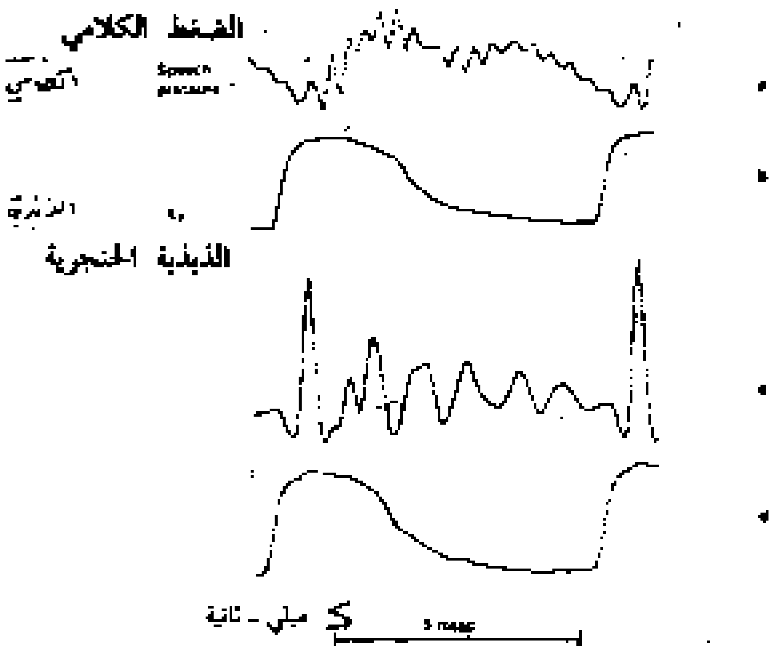
الوظيفة الحنجرية Laryngeal Function

اخترع مانويل باتريشيوا رودريكوز جراشيا «Manuel Patricio Rodriquez»، 1854 ، معلم الغناء الإسباني الذي درّس في باريس ولندن، منظار الحنجرة سنة 1854، وتلك أول وسيلة أو آلة تستخدم في مراقبة حركات الحبال الصوتية. لقد صمم مرآة يمكن إرسالها إلى داخل الفم، وتوضع بزاوية معينة يمكن عندها أن تنعكس أشعة الشمس الواقعة عليها باتجاه الحبال الصوتية مما يجعلها ظاهرة في المرآة. ويعدّ اختراع جراشيا بداية علم طب الحنجرة الحديث، ولم تزل طرقه مستخدمة في الكشف والفحص الحنجريين حتى يومنا هذا. وقد عاش جراشيا أكثر من مائة عام (1805-1906). وفي مناسبة مرور قرن على ولادته كرّم بمأدبة عشاء، وتلقى العديد من الأوسمة. ويقال إن ردّه المتواضع على كل تلك الحفاوات كان «إنها مجرد مرآة».

يمكن تسجيل الذبذبات الحنجرية من خلال القيام بتصوير سريع للغاية من منظار الحنجرة، وبعد ذلك، يمكن إعادة الصور المسجلة بسرعات مناسبة للتحليل من صورة أخرى. وبديل آخر، هو أنه يمكن مراقبة حركة الحبال الصوتية بوساطة استخدام الخيال (وميض ضوء بتردد ثابت). ولو عُدّل تردد الوميض، على نحو يصبح قريباً جداً من تردد الحبال الصوتية، لظهر، عندئذٍ، كأنها قد انخفضت. وتطور حديث في المنظارات الباطنية المستخدمة في الحنجرة هو المنظار الليفي (الشكل 6.23)، حيث تُجمع شعيرات رفيعة مرنة زجاجية في حزم تقوم بنقل الضوء من مصدر ضوئي أبيض قوي حول منحنيات التجويف الأنفي والمجرى الصوتي كي تضيء الحبال الصوتية. وتقوم شعيرات أخرى داخل الحزمة بنقل الصورة ثانية إلى عينيه (عدسات عينيه) من أجل المراقبة. ويمكن وصل العدسات العينيه بآلة تصوير متحركة من أجل تصوير سريع. وميزة المراقبة بالمنظار الليفي على المنظار الحنجري التقليدي هي أن المرء حرٌ وطليق في الكلام، لأن الحزم ترسل عبر التجاويف الأنفية مما يسمح للتجويف الفمي بالقيام بالحركات الضرورية أثناء الكلام. أما سيئة هذه الوسيلة فهي إنه لايمكن إضاءة الحبال الصوتية على نحو كافٍ كي تصبح مراقبة كل نبضة حنجرية ممكنة. لكن هذه الوسيلة، على أية حال، مفيدة في المراقبة المباشرة للتعديلات الحنجرية الأبطأ كتعديلات الجهر مثلاً.

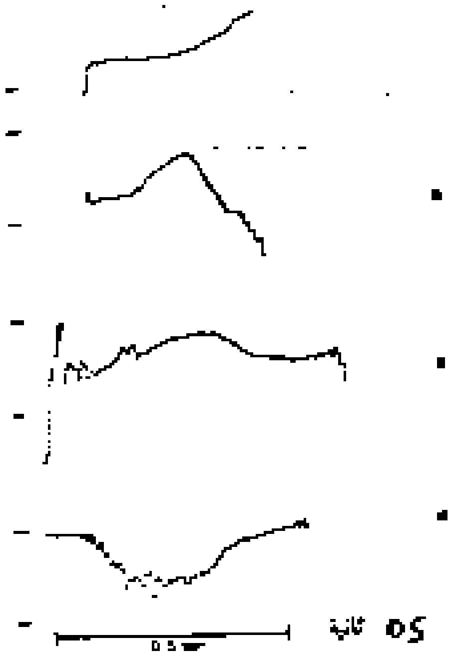
الشكل 6.23 : منظار ليفي. ترسل عصبة الألياف المرنة مع العدسة العينية، في يد الفيزيائي اليسرى، إلى داخل التجويف الأنفي. يمكن مراقبة الحنجرة بوساطة العدسة العينية التي تظهر في يد الفيزيائي اليمني (مختبرات هاسكنز).

وهناك طرق ووسائل أخرى للحصول على معلومات حول منطقة الفتح الحنجرية بوصفها مقياساً غير مباشر لتعديل الحبال الصوتية. يمكن استخدام خلية كهربائية ـ ضوئية في الرسم المزماري البياني المعروف «الصورة المزّمارية» Glottoqraph في قياس كمية الضوء المشع عبر المزمار. يسمى هذا الأسلوب «الإضاءة العابرة» حيث يوضع مصدر ضوئي إما فوق الحبال الصوتية وإمّا تحتها، وتوضع آلة متحسسة للضوء على الطرف الآخر. وعلى غير هيئة مراقبة المنظار الباطني، فإن هذه التقنية لا تعطي أية معلومات حول شكل المزمار، بل معلومات حول مدى الفتح المزماري فحسب. وآلة أخرى تعطي معلومات حول الإغلاق المزماري فحسب هي: «مرسمة الحنجرة» حيث تقيس المواصلة النسبية أو الإعاقة النسبية بين الكترودين صغيرين يوضعان على جانبي الحنجرة. وعندما يغلق المزمار، وينتقل التيار بسهولة عبر الحبال الصوتية تشير «مرسمة الحنجرة» إلى الفم (الشكل 6.24)



الشكل 6.24 : مقارنة الموجات الضغطية عند الشفاه في دورة واحدة من الصوائت /i/في (a)و /a/ في (c) مع خرج مرسمة الحنجرة في(b و d). لاحظ الإعاقة النسبية عبر الحبال الصوتية (x) التي تبدو متشابهة خلال دورة الذبذبة في /i/و /a/على الرغم من اختلاف الموجتين الضغطيتين عند الشفاه تماماً.

ولكن عندما ينفتح المزمار تتضاءل الإشارة بسبب الإعاقة الحاصلة بين الحبال المفتوحة، وعندئذٍ يجب نقل الإشارة عبر ألياف الحبل الصوتي، وبعدها عبر الفراغ المزماري إلى الحبل الصوتي المقابل، وتلك رحلة لا يمكن القيام بها على الوجه الأكمل بسبب عدم التوافق أو التجانس بين معوقات الهواء ومعوقات الألياف العضلية. وهكذا تقيس مرسمة الحنجرة فترة إغلاق الحبال الصوتية في كل دورة اهتزازية. (الشكل 6.25)، ولكنها لا تخبرنا بأي شيء عن عرض فتحة الحبال الصوتية أو شكلها. وبما أن إشارة مرسمة الحنجرة حرة من تأثير الترددات الرنينية للقسم الأعلى من المجرى الصوتي، فإن هذه الآلة تستخدم في تسجيل الترددات الأساسية بوساطة إضافة آلة تقوم برسم علامة لتردد قمم مرسمة الحنجرة بوصفها دالة على محور الزمن. وهكذا نجد أن مرسمات الحنجرة هي أجهزة مفيدة في تسجيل الترددات الأساسية لغرض البحث العلمي والمعالجة الصوتية.



الشكل 6.26 : أشكال موجات لتردد أساسي كدّالة على محور الزمن في عرض مشتق من مرسمة حنجرة. تظهر أشكال الموجات في (a) و (d) تنغيماً صاعداً وآخر صاعداً ـ هابطاً من كلام عادي لإمرأة تقول: « Do you ». يظهر القسم (٢) نمطاً صاعداً ـ هابطاً لنفس المتكلمة وهيَ تعاني من التهاب في الحنجرة، إن الطبقة المحددة وبداية الجهر غير المنتظم سمتان نموذجيتان في هذه الحالة بينما نتج القسم (d) عن رجل يعاني من التهاب حنجرة مزمن. وتتناظر العلامات العليا والسفلى إلى يسار كل صورة في (b) (a) و (c)مع 800و 200هرتز بالتوالي، بينما تتناظر العلامات في (d) مع 200و 50هرتز.

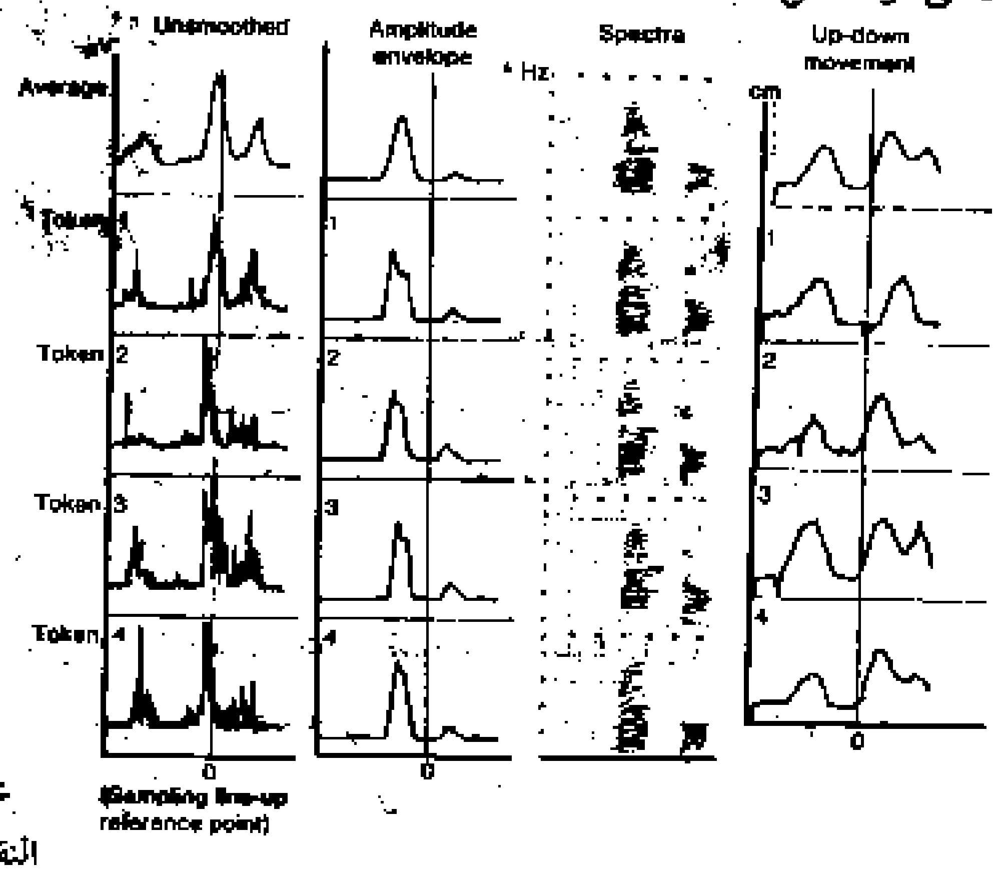
وقد أنجز تخطيط العضل الكهربائي في العضلات الحنجرية الأساسية والثانوية اليوم من خلال استخدام الكترودات سلكية ناعمة للغاية كالشعرة الإنسانية ترسل أو تثبت في العضلات لتسجيل القدرة الكهربائية الكامنة الناتجة عن الإنقباض العضلي. ومتى زرعت الأسلاك الناعمة، فإن المرء لا يحس بها مطلقاً تقريباً. ويمكن الوصول إلى معظم العضلات الحنجرية بواسطة زرع عبر الجلد في الرقبة، وباستخدام إبرة لحمية ترشد عملية الزرع. ويمكن الوصول لبعض العضلات مثل العضلة الحلقانية ـ الطرجهارية من خلال الزرع عبر التجاويف الفمية والبلعومية. الشكل (6.26)

الشكل 6.26 : زرع الكترودات سلكية مقوسة في العضلة الحلقانية الطرجهالية الخلفية. تزرع الإبرة المقوسة، التي تظهر في يد الفيزيائي، عن طريق الفم. وعندما تزرع الأسلاك جيدا في العضلة تسحب الإبرة ومقبضها. (مختبرات هاسكنز)

وتجري التسجيلات الثنائية ـ الأقطاب أي: تسجيلات فرق الجهر بين الكترودين، بشكل نموذجي لتخفيف الضوضاء المحيطة في الإشارة وتقليل الحجم الحقلي. وتضخم إشارات تخطيط العضل الكهربائي وتسجل على شريط مغناطيسي مع الإشارة السمعية الشكل (6.27)

الشكل 6.27 : جهاز مخبري لتسجيل تخطيط العضل الكهربائي (مختبرات هاسكنز)

وتقوم عدة مخابر بـ[illegible] الإشارة من أجل التحليل [illegible] تكرر كامل الموجة، تسجل كامل الفترة [illegible] كإشارة إيجابية (انظر الشكل 6.28) ومن أجل تنعيم الاشارة [illegible] يعطي متوسط الفليطة [illegible] إطار زمني محدد متحرك، 25 ميلي ثانية على سبيل المثال. وهناك فائدة واهتمام في الحفاظ على الإشارة الأصلية (الخام) من أجل دراسة الوحدات الحركية منفردة

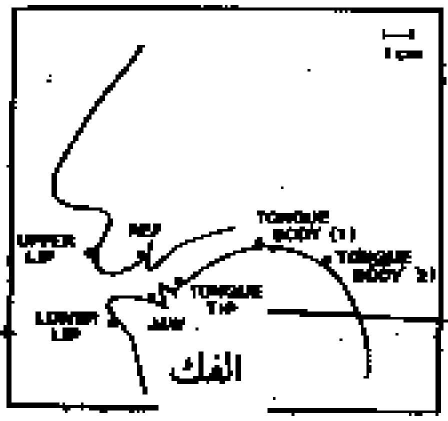


الشكل 6.28 : نتائج من تجربة على الإغلاق الحنجري البلعومي. تظهر حركات اللهاة التي سجلت بواسطة ليف بصري في منظار باطني في أقصى يمين العمود. وتظهر الأطياف بالإضافة إلى منحنى السمع. ويرى العمود في أقصى اليسار إشارات تخطيط العضل الكهربائي من العضلة الحنكية الرافعة بعد التكرير. تظهر أربعة عينات منفصلة لكل علامة (إشارة). تظهر الإشارة العليا متوسطاً لستة عشر إشارة.

وقد درست حركة الحنجرة في المستوى العمودي بواسطة وسائل التصوير السينمائي الفلوري، حيث التقطت الصور المتحركة من منظار فلوري، وهو شاشة تعرض صور أشعة X ، وتشتق الصورة من مولد نبض أشعة X مضخمة بواسطة مقوٍ أو معزز صوري. وقد استخدمت وسائل التصوير الإشعاعي المقطعي مؤخراً في مسح أو كشف الجسم. حيث ترسل هذه الوسائل أشعة X من أكثر من إتجاه على مستوى محدد من المرء. وضمن هذه الشروط، يكون تعرض المرء للإشعاعات أقل، ويمكن الحصول على تعريف أدق لليف الناعم. إنها وسيلة مناسبة لأن تستخدم في دراسة الكلام. أما في الوقت الحاضر، فلا يمكن إستخدامها إلاّ في فحص التراكيب أو المركبات التي لا تتحرك.

الحركة فوق ـ الحنجرية Supralaryngeal Movement

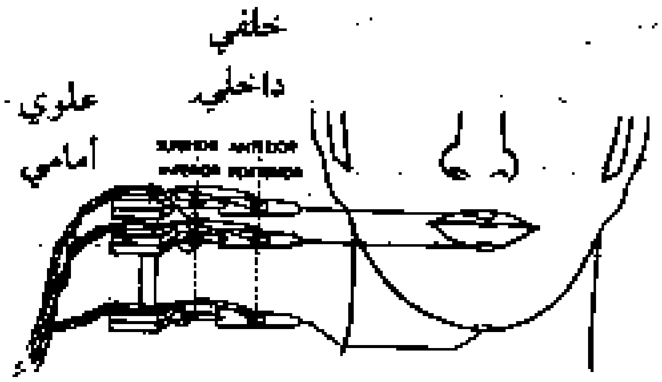
إن التصوير السيماني الفلوري مهم بالطبع في دراسة الحركات النطقية الواقعة فوق الحنجرة. يمكن تحديد الوجه العلوي للسان على قلم أشعة X إذا استخدم وسط يبدي التباين والإختلاف مثل مجموعة باريوم ـ على سبيل المثال، على ظهر اللسان. فاللسان كتلة مرنة من العضلات تتحرك وتمتد في كل الإتجاهات في التجويف الفمي بطريقة مركبة معقدة تجعل من المفيد تتبع مواقع نقاط محددة على طول جسم اللسان. يمكن لصق كريات رصاصية دقيقة باللسان بواسطة لاصق سيانو أكريلات، الشكل (6.29)



الشكل 6.29 : مخطط للمجرى الصوتي العلوي مشتق من صورة فلم مسقطة. تظهر مواقع الكريات الدقيقة على أبنية (مواقع) متنوعة. يمكن تتبع هذه النقاط في تحليل يعتمد تحليل صورة فصورة

يمكن تحديد النقاط بسهولة على صور أشعة X متحركة ويمكن تثبيتها أثناء الكلام من خلال قياس المسافات بين مواقع الكريات ونقاط مرجعية ثابتة. ويمكن تحديد حركات الكريات العمودية والأفقية في هذا الأسلوب من صور أشعة X متحركة جانبية. إن القياسات اليدوية لكل صورة، باستخدام محلل فلم، متعبة ومستهلكة للوقت. يمكن لبرامج الكمبيوتر الخاصة بالحسابات والعرض أن تقلل وقت التحليل لدرجة كبيرة. يمكن للباحث أو من يقوم بالتجربة أن يلمس كل نقطة يراد قياسها في صورة ما بقلم ضوئي مستخدماً الكمبيوتر في خزن احداثيات y - X في كل نقطة، ويحسب، بعد ذلك، المسافة بين النقاط.

يمكن تحويل أو نقل الحركات الكلامية أيضاً بواسطة مقاييس الإنفصال - الشكل (6.30) وهي مجموعة صفائح نحيفة تنحني تحت ضغط الحركات النطقية. ولو كان مقياس الإنفصال جزءاً من دارة، فإن أي تغير في الشكل المتشوه، بسبب حركة، سيسفر عن تغير في المقاومة، يؤدي بالتالي إلى نشوء إشارة يمكن تضخيمها، وتسجيلها وتحديدها في رسم بياني.



الشكل: 6.30 : محول مقياس انفعال للشفة والفك ذو بعدين.

ويمكن استنتاج الحركات أيضاً من تأثيرها على الضوء أو الصوت. وتماماً، فكما يعرض الضوء العابر المزماري معلومات حول فتح الحبال الصوتية، يمكن استخدام الأساليب الكهربائية - الضوئية في المناطق فوق الحنجرة. يمكن تحسس كمية الضوء التي تشع عبر الميناء الأنفي - البلعومي بواسطة خلية كهربائية - ضوئية من الطرف الآخر، وهكذا يمكن تحويلها إلى إشارة كهربائية. يمكن استخدام الموجات فوق الصوتية في بث ذبذبات بترددات عالية وقياس استجابتها على قطعة كريستال ملصقة باللسان أو جدران

البلعوم الجانبية، وهي تتغير وفقاً لمسافتها عن مصدر البث. وهكذا يمكن استنتاج حركة العضو (عضو النطق) أيضاً.

وأسلوب آخر في تحديد موقع اللسان هو تسجيل نقطة اتصال اللسان بالحنك، وذلك أسلوب يسمى بـ «تصوير الحنك»؛ وفي أبسط أشكاله يُرش الحنك بمسحوق أسود اللون بحيث يعلّم مكان اللسان على الحنك، وتؤخذ صورة للحنك تكشف نقاط الإتصال بين اللسان والحنك. وتصبح نقاط الإتصال واضحة بإزالة المسحوق الأسود. وقام عدة باحثين مؤخراً بعدة تبديلات غالباً ما أطلق عليها إسم «الحنك الصناعي»، تحتوي على محولات أو ناقلات موجودة فيها لتسجيل نقاط الإتصال. وقد طوّرت هذه التبديلات، حيث يمتلك بعضها 64 نقطة إتصال. يمكن عرض خَرج المحول أو الناقل كضوء على جهاز مراقبة، أو يمكن تسجيل نمط نقاط الإتصال على شريط شبيه من أجل معالجة المعطيات.

إن تسجيل حركة الأبنية أو التراكيب فوق الحنجرية أمر صعب بسبب حركاتها المعقدة للغاية. لا يمكن استخدام العديد من التقنيات المتوفرة في تتبع حركة عدة نقاط متزامنة (بنفس الوقت). وأكثر من ذلك، فإن أعضاء نطق المجرى الصوتي العليا تختلف في إمكانية الوصول إليها. فعلى سبيل المثال، من الأسهل تتبع حركات الفك من تتبع حركة اللسان. إن تطوير تكنولوجيا أكثر ملائمة ومناسبة في تحليل حركات الفك معترف بها بشكل واسع. وقد أقترح في الأونة الأخيرة نظام شعاع X دقيق للغاية يمكن أن يفي بالغرض ـ على الرغم من أنه سيكون أحد المعدات أو الأجهزة الذي يحتاج استخدامه إلى عدة فرق باحثة.

النشاط العضلي Muscle Activity

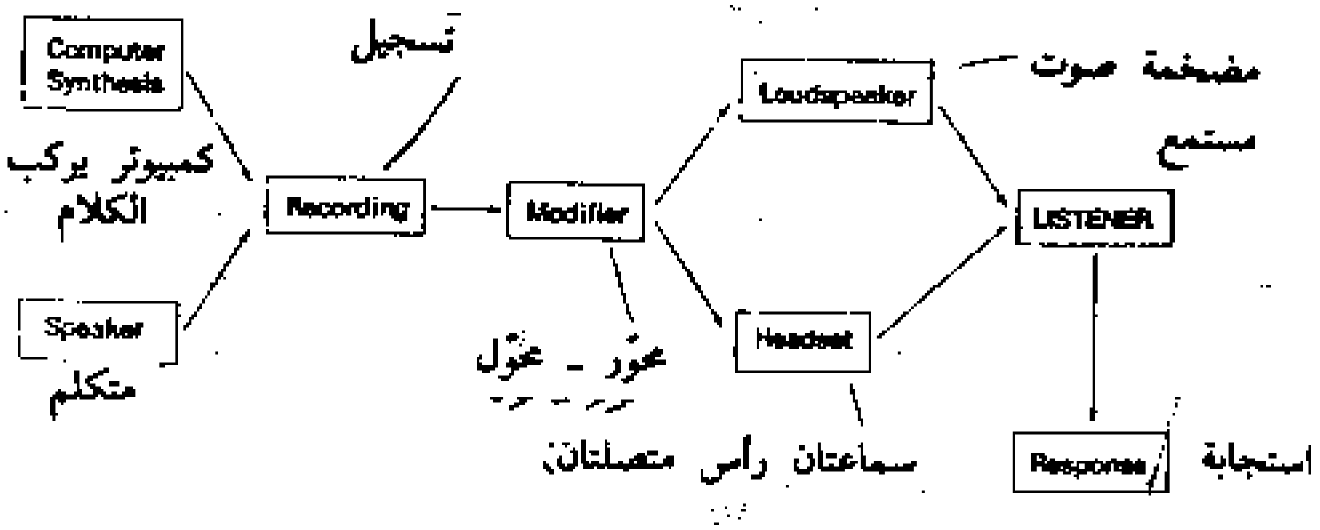
إن الحركات داخل مناطق المتكلمين الفمية والبلعومية هي نتائج مجتمعة لقوى الكتلة، والنشاط العضلي، والمرونة والضغط الهوائي. يمكن تسجيل الجهد العضلي الكامن (النشاط الكهربائي الذي يرافق الإنقباض العضلي) من العضلات الممكن الوصول إليها لغرس الإلكترودات. وبشكل عام يستخدم ثلاث أنماط ثنائية الأقطاب: الإلكترودات المطلية، والإلكترودات ذات السطوح المسبقة الصنع، والإلكترودات

المكوفة السلك التي تعمل داخل العضل. وبالإضافة إلى ذلك، يلصق الإلكترود الأرضي بشمعة الأذن بشكل نموذجي. تصنع الإلكترودات المدهونة من خلال طلاء بقعة من الجلد بطلاء فضي الأساس، ويزرع سلك دقيق عازل هناك، ينزع غطاء السلك العازل من الطرف الثاني ويوضع في كتلة الطلاء الرطبة، وبعد ذلك توضع نقطة طلاء فضية أخرى في الأعلى لتثبيت السلك. ويوضع الكترودان قريبان من بعضهما البعض في التسجيل الثنائي ـ الأقطاب النموذجي. ويبلغ قطر الإلكترودات الصغيرة ذات السطوح المسبقة الصنع، مثل الكترودات بيكان «Beckman» حوالي ١٥ ملم، وتسجل من منطقة أكبر من تلك التي تسجل منها الإلكترودات المطلية المختلفة. وهي سهلة الإستخدام مع شريط. وهناك أطواق لاصقة تستخدم في لصق هذه الإلكترودات. وأخيراً، كما ذكر آنفاً، هناك الإلكترودات ذات السلك المعقوف المصنوعة من خليط سلك مصنوع من البلاتين، والراديوم يمكن غرسها مباشرة في العضلات بواسطة إبرة تغرس تحت الجلد لزرع الأسلاك. وتسجيلات الإلكترودات ذات الأسلاك المعقوفة هي تسجيلات خاصة بكل عضلة على حدة، بينما يمكن للإكترودات السطحية، التي تسجل من منطقة واسعة، أن تلتقط القدرة الكامنة من أكثر من عضلة واحدة. وخصيصاً إذا كانت العضلات قريبة من بعضها البعض أو كانت على أعماق مختلفة تحت سطح الجلد.

وإشارة تسجيل العضل الكهربائي هي نمط متداخل، فهي مجموع الجهر في عدة وحدات حركية. وتتألف الوحدة الحركية من ألياف عضلية يزودها بالأعصاب عصبون حركي واحد. يمكن لإلكترود واحد، أو إثنين، أن يسجل النشاط الكهربائي للوحدات الحركية القريبة منه ـ وهكذا ليس من الضروري أن تمثل إشارة EMG من موضع ما نشاط العضلة كاملة، ولا يمكن مقارنة السعة المطلقة لإشارة EMG من تسجيل ما بتسجيل آخر. ويمكن ربط إشارة EMG النسبية، ومعدلات الإطلاق في وحدات حركية منفردة، واختلافات في التوقيت والنمط بحوادث صوتية مختلفة وشروط مختلفة ضمن نفس التجربة. فعلى سبيل المثال، يمكن مقارنة نشاط العضلة الشفوية المستديرة في /p/ بنشاطها في /b/، أو يمكن مقارنة النشاط في /p/عندما تصدر ظروف أو شروط مختلفة من النّبرة أو معدّلات مختلفة في الكلام.

إدراك الكلام. Speech Perception

إن مجموعة الوسائل والأجهزة الضرورية لدراسة الطرق التي يدرك فيها الناس الكلام تختلف عن تلك المستخدمة في دراسة إصدار الكلام (الشكل 6.31) فبدلاً من تحليل المادة البحثية التي يصدرها المتكلمون، يحلل الباحث إستجابات المستمعين لكلام طبيعي أو تركيبي.



الشكل 6.31 مجموعة آلات (أجهزة) تستخدم في دراسات إدراك الكلام.

لصق الشريط. Tape Splicing

إن مسجل الصوت العادي جهاز مفيد في دراسة إدراك الكلام. يمكن تقصير الأصوات الكلامية، وتبديل مواقعها أو تبديلها من خلال زرع ضجيج او صخب أو صمت. وكل هذا ممكن بفضل تقنيات لصق الشريط. يمكن إنجاز هذه النتائج نفسها ببرامج الكمبيوترات الحديثة التي ترقم الشكل الموجي، وتجهز إمكانيات طبع أكثر مرونة ودقة بما في ذلك أشرطة مرتبة بطريقة تمكن المستمع من سماع مؤثرات مختلفة في كل أذن. وبعد ذلك يمكن تسجيل شريط مسجل من الإشارات المطبوعة كي تستخدم في إختبارات إدراك الكلام.

محطة الإصغاء (تنصت) Listening Station

يمكن لعدة مستمعين أن يخضعوا لإختبارات إدراك الكلام في آنٍ واحدٍ في محطة تنصّت. تسجل المؤثرات على شريط، ويُستمع إليها من خلال آلة تسجيل عادية بمضخمٍ صوت كي تعطي سيطرة أو ضبطاً كاملاً على شدة خَرج كل قناة. وهناك مفتاح بمواقع مختلفة بحيث يمكن تقديم تسجيل عبر قناتين بشكل ثنائي (قناة A للأذن الأولى وقناة B للثانية، أو يمكن تقديم تسجيل بكلتا الأذنين (يمكن لأي قناة أن تنقسم وتذهب إلى كلتا الأذنين،أو الاستماع بشكل منفرد (قناة واحدة لأذن واحدة)؛ ويستخدم مقياس فولط كي يحسب بدقة الڤولطات الذاهبة إلى كل أذن عبر السماعات الأذنية. ويستمع المستمعون عبر سماعات رأسية في غرفة معاملة صوتياً، ويصنعون استجاباتهم بواسطة دفع عتلة الإستجابة، أو وضع إشارات على ورقات الإستجابة (الشكل 6،32) - بينما يضبط المجرب الإختبار من الغرفة المجاورة.

الشكل 6.32 : محطة تنصت. (جامعة تيمبل).

استخدام الحاسوب في الصوتيات التجريبية . Use of Computers in Experimental Phonetics

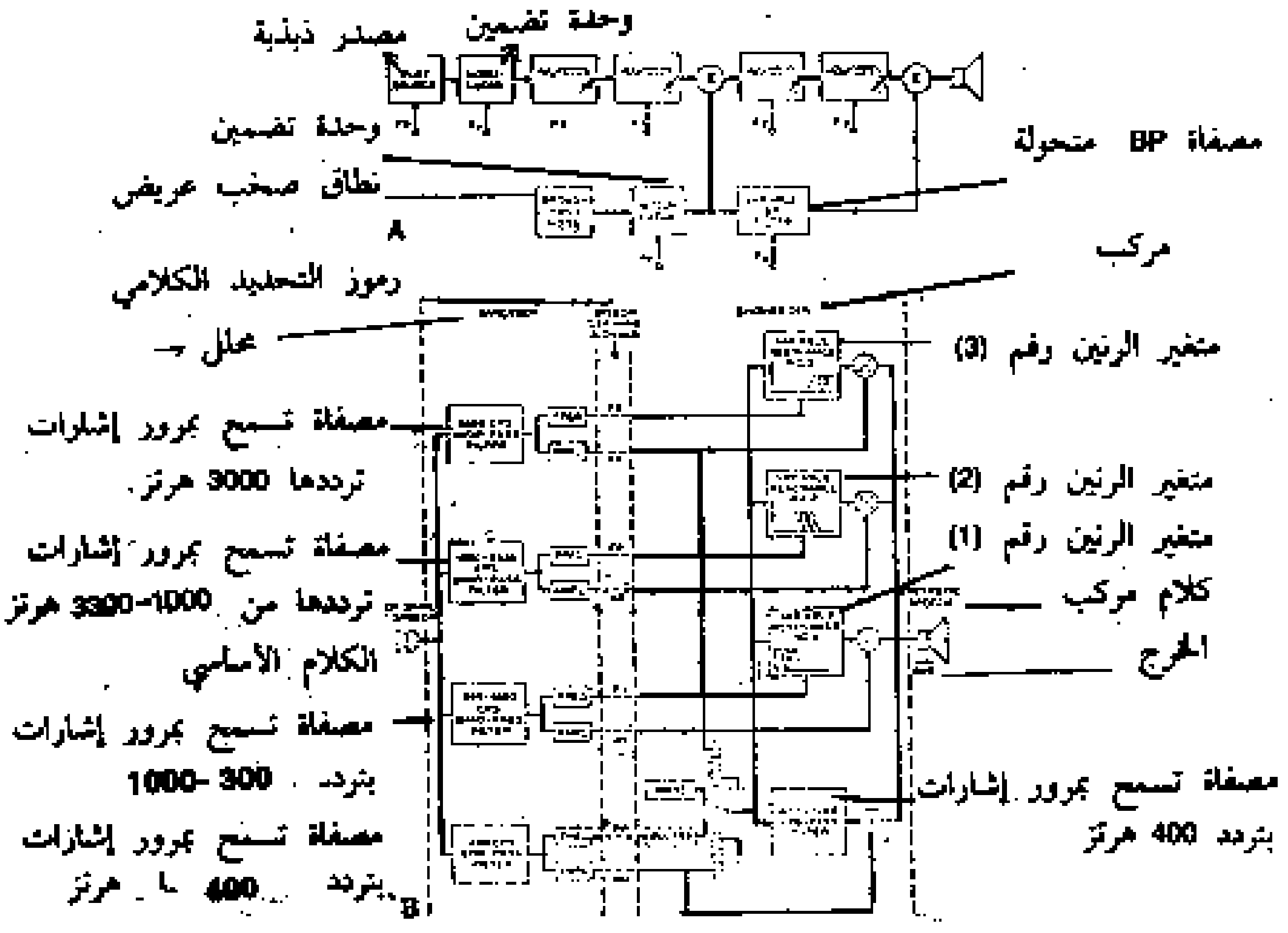
ربما كانت المهام الوحيدة التي لم تتقنها الحاسوبات بعد في بحوث علم الكلام هي التفكير بتجربة، تصميمها، وتفسيرها. وفي الواقع، ربما كانت هذه أهم الخطوات في أية تجربة. إلاّ أنّ الكمبيوترات تستخدم في تنفيذ أي شيء آخر: إنها تصنع المؤثرات، تضبط عملية تقديم المؤثرات، وتتبع أثر الإستجابات، تقلل المادة البحثية أو تختصرها، وتحلل أهميتها الإحصائية وتضع النتائج في مخطط بياني.

ففي دراسة الصوتيات السمعية يمكن ترقيم أشكال الموجات الكلامية من أجل طبعها بالحاسوب. يمكن للمجرب أن يتفحص تفاصيل شكل الموجة من خلال توسيعها وعرضها على وحدة المراقبة في الحاسوب أو أن يغرس صمتاً أو يطوّل أجزاءً من شكل الموجة من خلال الوصل على شكل سلسلة؛ أو تبديل المواقع كما في لصق الشريط، أو تغير سعة الصوت، أو طيفه أو أبعاده الزمنية. ويمكن برمجة الحاسوب أيضاً كي يستخلص ويعرض المتغيرات المنفردة. فعلى سبيل المثال: يمكن أن يستخلص أو يحسب قمة الإشارة الصوتية، أو التردد الأساسي، وهكذا يمكن لعالم الصوتيات السمعي أن يدرس الفترة، والتردد، والشدة، وأنماط التشكيلات الموجية المميزة، أو محولات الإشارات الكلامية بمرونة أكثر مما كان ممكناً سابقاً.

وفي دراسة الصوتيات الفيزيولوجية يمكن تحويل أية إشارة نظيرية، على سبيل المثال: الضغط الهوائي، وتغيرات الحركة المحولة، EEG, EMG إلى وحدات بواسطة محولات دخلها نظيرياً وخرجها رقمياً، لطبعها أو إخراج متوسطها أو عرضها على الحاسوب. ويمكن برمجة الحاسوب أيضاً لتسجيل إستجابات المرء وقياس أوقات رد الفعل، أو أن يقيس سعة الإشارات، أو أن يسجل تردد تكرار الحدث. وتمكّن مقدرات حاسوب البيانية المجرب الحصول على نسخ أصلية من كافة أنواع المعروضات.

وفي دراسة إدراك الكلام، فإن تركيب الحاسوب للكلام يمكّن المجرب من ابتكار أصوات شبيهة بالأصوات الكلامية بصفات سمعية محدّدة تمكّنه من كشف الدلائل التي

يستخدمها المستمعون في إدراك واشتقاق قوانين لأجهزة الكلام الأتوماتيكية تمكّن الأعمى من القراءة، وإجابة التلفون وإعطاء معلومات. وهناك مركبات خردوات معدنية يمكن ضبطها أو السيطرة عليها بدون حاسوب، تولّد العديد من هذه المركبات كلاماً على مبدأ التشكيل الموجي المميز. تمتلك بعضها التشكيلات الموجية المميزة مولّدة في سلسلة. وتولد التشكيلات الموجية المميزة في البعض الآخر بشكل متوازن (الشكل 6.33)، ويمكّن هذا معرفة متغيّرات أو متحولات الكلام المركب، ويمكن ضبطها مما يسمح للباحث أن يغيّر أو يتكيّف بالمتحول الوحيد الذي يدرسه. ومن الواضح أنه لا يمكن للمتكلمين البشر أن يصدروا مثل هذه المؤثرات. وهناك جهود الآن في تركيب الكلام وفق قواعد نطقية لا سمعية. فقد نظّم نتاج أشعة X أشكال المجرى الصوتي، والحركات النطقية في قواعد لتوليد تغيرات في شكل الموجة الكلامية. إن تركيب الكلام وفق قانون نطقي سوف يساعدنا على الوصول لفهم أفضل لإصدار الكلام وإدراكه.



الشكل 6.33: تمثل (A) مجموعة آلات تعاقبية تدير إحداها الأخرى تمثل (B) مركبات التشكيلات الموجية المميزة الكلامية بشكل متواز.

تمثل

FREQ التردد

AMP السعة

F_3 التشكيل الموجي الثالث

A_3 السعة (3)

F_2 التشكيل الموجي الثاني

A_2 السعة (2)

F_1 لتشكيل الموجي الأول

A_1 السعة (1)

F0 التردد الأساسي

A0 السعة الأساسية

Noise صخب

Pulses نبض = (النبض المزماري)

مراجع الفصل السادس

BIBLIOGRAPHY

General Readings

Comprehensive

Flanagan, J. L., **Speech Analysis**, *Synthesis, and Perception*. New York: Springer-Verlag, 1965

Acoustic Phonetics

Fant, G., Sound Spectrography. *Proceedings of the Fourth International Congress of Phonetic Sciences*. Helsinki Conference. A. Sovijarvi and P. Aalto (Eds.) New York: Humanities Press. 1961, pp 14–33.

Koenig, W., Dunn, H. K., and Lacy, L. Y., The Sound Spectrograph. *J. Acoust. Soc. Am.* 17, 1945, 19–49. Reprinted in Lehiste, I. (Ed.). *Readings in Acoustic Phonetics*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press. 1969.

Wakita, H., Instrumentation for the Study of Speech Acoustics. In *Contemporary Issues in Experimental Phonetics*. N. J. Lass (Ed.) New York: Academic Press, 1976. pp. 3–40.

Physiological Phonetics

Abbs, J. H., and Watkin, K. L., Instrumentation for the Study of Speech Physiology. In *Contemporary Issues in Experimental Phonetics*. N. J. Lass (Ed.) New York: Academic Press, 1976, pp. 41–78.

Fujimura, O., Acoustics of Speech. In *Speech and Cortical Functioning*. J. H. Gilbert (Ed.) New York: Academic Press, 1972. pp. 107–165.

Harris, K. S., Physiological Aspects of Articulatory Behavior. In *Current Trends in Linguistics. Vol. 12, No. 4*, T. A. Sebeok (Ed.) The Hague: Mouton, 1974, pp. 2281–2302.

Perkell, J. S., *Physiology of Speech Production: Results and Implications of a Quantitative Cineradiographic Study*. Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1969.

Sawashima, M., and Cooper, F. S. (Eds.). *Dynamic Aspects of Speech Production*. Tokyo: University of Tokyo Press, 1977.

Speech Perception

Cooper, F. S., Speech Synthesizers. *Proceedings of the Fourth International Congress of Phonetic Sciences*. Helsinki Conference. A. Sovijarvi and P. Aalto (Eds.) New York: Humanities Press. 1961. pp. 3–13.

Denes, P., The Use of Computers for Research in Phonetics. *Proceedings of the Fourth International Congress of Phonetic Sciences*. Helsinki Conference. A. Sovijarvi and P. Aalto (Eds.) New York: Humanities Press. 1961. pp. 149–154.

A Sample of Papers on Instrumentation

Allen, G. D., Lubker, J. F. and Harrison, E. Jr., New Paint-On Electrodes for Surface Electromyography. *J. Acoust. Soc. Am.* 52, 1972, 124 (A).

Baken, R. J., and Matz, B. J., A Portable Impedance Pneumograph. *Hum. Commun.* Autumn 1973, 28–35.

Cooper, F. S., and Mattingly, I. G., Computer-controlled PCM System for Investigation of Dichotic Speech Perception. *Haskins Laboratories Status Reports* SR–17/18, 1969, 17–21.

Fletcher, S. G., McCutcheon, M. J., and Wolf, M. B., Dynamic Palatometry. *J. Speech Hear. Res.* 18, 1975, 812–819.

Fourcin, A. J., Laryngographic Examination of Vocal Fold Vibration. In *Ventilatory and Phonatory Control Systems: An International Symposium*. B. Wyke (Ed.) London: Oxford University Press, 1974, pp. 315–328.

Fujimura, O., Kiritani, S., and Ishida, H., Computer Controlled Radiography for Observation of Movements of Articulatory and Other Human Organs. *Comput. Biol. Med.* 3, 1973, 371–384.

Gay, T., and Harris, K. S., Some Recent Developments in the Use of Electromyography in Speech Research. *J. Speech Hear. Res.* 14, 1971, 241–246.

Hirano, M., and Ohala, J., Use of Hooked-wire Electrodes for Electromyography of the Intrinsic Laryngeal Muscles. *J. Speech Hear. Res.* 12, 1969, 362–373.

Hirose, H., Gay, T., and Strome, M., Electrode Insertion Techniques for Laryngeal Electromyography. *J. Acoust. Soc. Am.* 50, 1971, 1449–1450.

Huggins, A. W. F., A Facility for Studying Perception of Timing in Natural Speech. *Q. Prog. Rep. Res. Lab. Electron. M. I. T.* 95, 1969, 81–83.

Kent, R. D., Some Considerations in the Cineradiographic Analysis of Tongue Movements during Speech. *Phonetica*, 26, 1972, 293–306.

Lisker, L., Abramson, A. S., Cooper, F. S., and Schvey, M. H., Transillumination of the Larynx in Running Speech. *J. Acoust. Soc. Am.* 45, 1969, 1544–1546.

Moll, K. L., Cinefluorographic Techniques in Speech Research. *J. Speech Hear. Res.* 3, 1960, 227–241.

Moore, G. P., White, F. D., and von Leden, H., Ultra High Speech Photography in Laryngeal Physiology. *J. Speech Hear. Disord.* 27, 1962, 165–171.

Nakatani, L. H., Computer-aided Signal Handling for Speech Research. *J. Acoust. Soc. Am.* 61, 1977, 1056–1062.

Sawashima, M., Abramson, A. S., Cooper, F. S., and Lisker, L., Observing Laryngeal Adjustments during Running Speech by Use of a Fiberoptics System. *Phonetica*. 22, 1970, 193–201.

Subtelny, J. D., and Subtelny, J. D., Roentgenographic Techniques and Phonetic Research. *Proceedings of the Fourth International Congress of Phonetic Sciences*. Helsinki Conference. A. Sovijarvi and P. Aalto (Eds.) New York: Humanities Press, 1961, pp. 129–146.

Watkin, K. L., and Zagzebski, J. A., On-line Ultrasonic Technique for Monitoring Tongue Displacements. *J. Acoust. Soc. Am.* 54, 1973, 544–547.

الفصل السابع

نشوء اللغة والكلام Evolution of Language And Speech

«. . . ومن التراب خلق الله كل حيوان في البرية، وكلّ طائر في السماء وأحضرهم لآدم كي يرىٰ ماذا سيسمّيهم، وأي إسم أعطاه آدم لكلّ مخلوق حي، كان إسمَه منذ ذلك الحين»

رواية الملك جيمس، الإنجيل، سفر التكوين 2 :19

يمثل النوع البشري الحديث مجموعة من المخلوقات تسميّ العالم حولها، إذ ترفق كلّ شخص، وشيء، وحدث، وظروف معينة، وفكرة، وشعور أو إحساس ببطاقات بيانية شفوية ضمن تجاربها. إنها تستخدم هذه البيانات الشفوية في تنظيم العالم لنفسها، ونقل المعلومات، ووضع الأسئلة التالية: من نحن؟ وكيف نتطور؟ ويقع ضمن هذا السؤال الضخم التساؤل الآتي: كيف نشأت اللغة والكلام، وكيف تطورا. ففي القرن السابع عشر، صاغ فيلسوفان نظريتين متضادتين حول كيفية تطور الأفكار الإنسانية، وما زالت نظريتاهما تؤثران بالفكر المعاصر. فقد كان ديكارت (Descartes) (الشكل 6.1) الفيلسوف والرياضي الفرنسي العقلانيّ المذهب متمسكاً بفكرة أن العقل، معتمداً على أفكارٍ فطرية، أكثر أهمية للفهم البشري من التجارب مع العالم المادي. فقد كان ينظر إلى العقل والعالم الخارجي بوصفهما شيئين منفصلين ولعلّ مفهوماً حديثاً بشأن اللغة البشرية يتفق تماماً مع تأكيد ديكارت للأفكار الفطرية هو ذلك الذي يقترحه تشومسكي من معهد مساتشوست التكنولوجي. ويتمسك المفهوم بفكرةٍ مفادها أنّ الكفاءة اللغوية، رغم أنّ الإنسان يتعلم أية لغة محكية ضمن مجموعته البشرية، تظلّ سمة فطرية عند الإنسان، وأن معرفة اللغة العامة - التي يمتلكها لحظة الولادة مهمة جدا وأساسية في تعلمه لغات معينة.

الشكل 7.1 : رينيه ديكارت فيلسوف ورياضي فرنسي (1596 - 1650). (متحف كلفر)

بينما كان فيلسوف القرن السابع عشر الأنكلو لوك «John Locke» (الشكل 7.2) تجريبيَّ المذهب، يعتنق فكرة أن البشر يدركون ويفهمون عبر تجاربهم، خاصة تلك التي يكتسبونها عبر أحاسيسهم. وقد عدّ العقل البشري لوحاً إردوازيّاً فارغاً «Tabula Rasa» تسجل عليه كافة التجارب الحسية، ويقود ذلك بنفسه إلى التعلم والفهم، وقدّم كونديلاك (Condillac)، الذي تلا لوك مباشرة، نظرية بشأن تطور اللغة والكلام بوصفها شيئاً متعلّماً، ومكتسباً لا طبيعيًا عند الإنسان. ويتبنّى السلوكيون الحديثون الذين يؤكدون التعلم، كسكنر (Skinner) من هارفرد، مثلاً، وجهة نظر لوك التجريبية.

الشكل 7.2 : جون لوك، فيلسوف تجريبي إنجليزي (1632 - 1704)(متحف كلفر)

إن المشكلة في التنظير بشأن نشوء اللغة والكلام وتطويرهما هي أن الدليل قد دمّر. إذ لا نملك أية معلومات أو معرفة بشأن كيفية نشوء الكلام، وليس من المحتمل أن نحصل على أية منها، إنه سرُّ الأصوات المفقودة والألياف العصبية الناعمة المنحلة. فالحجارة والعظام تبقى وتقدم دلائل مبعثرة محدودة. ويبدو أن التفكير بشأن الموضوع عديم الفائدة إلى درجة أنّ الجمعية اللغوية في باريس أصدرت عام 1866 أمراً يمنع مناقشة أصل اللغة والكلام في أبحاث الجمعية. لكنه لم يكن لذلك الأمر سوى تأثير ضئيل، في أية حال؛ واستمرت النظريات في التكاثر. وحتى الآن، حين يجتمع اللغويون، وعلماء النفس، وعلماء البيئة، وعلماء الجراحة العصبية وعلماء الكلام في نيويورك في مؤتمر أكاديمية نيويورك العلمية حول نشوء اللغة والكلام وتطويرهما، نجد أن النظريات المطروحة تتراوح من تلك التي تصور الكلام الإنساني بوصفه تطوراً عن أصوات الحيوانات، إلى تلك التي تراه قد تطور عن إتصلات إيمائية عن الحيوان الرئيس (Primate) إلى تلك التي تراه قد حدث عند الإنسان فحسب. ويقترح بعض المنظرين أن الكلام قد تطور حديثاً منذ حوالي أربعين ألف سنة تقريباً، خلال العصر الجليدي الرابع - بينما يقترح آخرون أنه قد تطور منذ مدة تتراوح بين 2 إلى 3 مليون سنة مضت.

لا يوجد هناك حقل معرفي واحد يمكنه أن يقوم دليلاً كافياً بنفسه، لكنه إذا ما جمعنا الأدلة التي تقدمها الإكتشافات المستحاثية، ودراسة الإتصالات الإيمائية والنطقية في المخلوقات الحية، والدليل الحيوي الموجود في دراسة الدماغ والمجرى الصوتي، يمكننا أن نكون أقرب إلى نظرية محتملة حول إمكانية تطور أنموذج معين من التعبير البشري - الكلام - حتى إنه يمكننا أن نقدم اقتراحاً حول نشوئه.

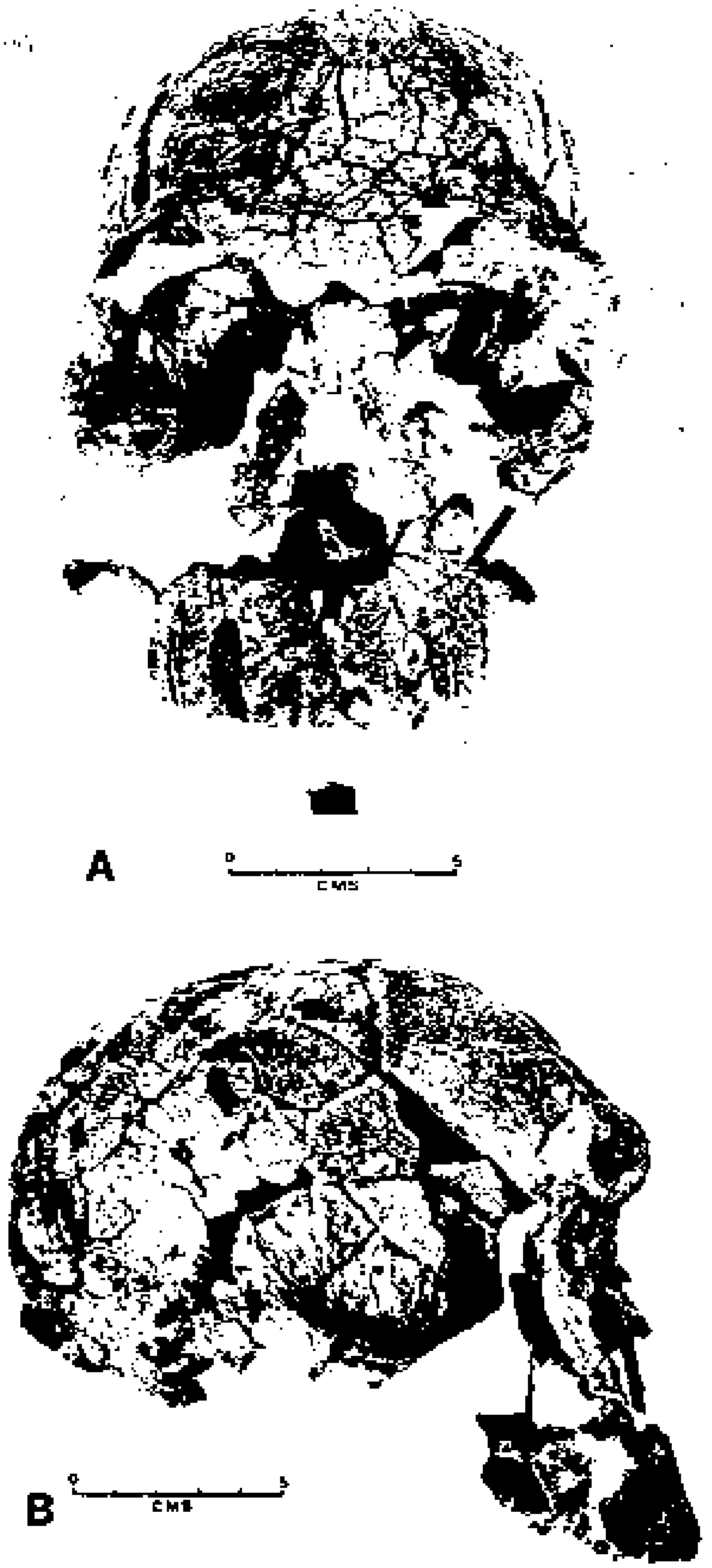
الإطار الإجتماعي — Social Framework

مستحاثات فصيلة الإنسانيات — Fossil Hominids

يميل أحدث علماء الإناسة إلى أنه لو غادر الإنسان الأول الغابة متجولاً في سهول السافانا بحثاً عن الطعام، فإنه سيحتاج إلى لغة ينظم بها علاقاته الأسرية من أجل البقاء. لكن الخط التطوري بين الإنسان الأول والإنسان الحديث غير واضح في أحسن

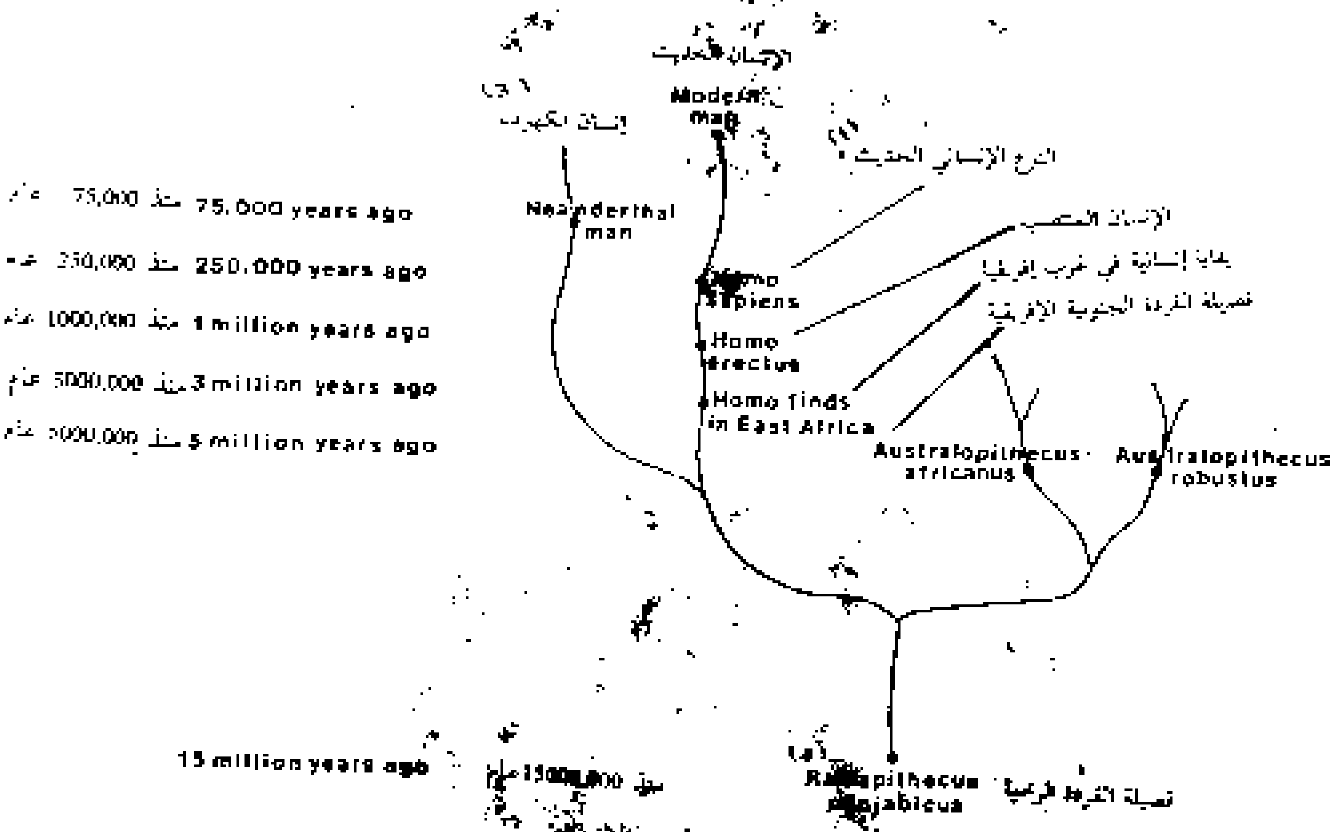
الأحوال. وتقترح معظم النصوص المتعلقة بالموضوع أن القرد الجنوبي الأفريقي (Australopithecus AFricanus)[1] ، وهو مخلوق صغير قريب من القرد في شكله وعاش منذ أكثر من أربعة ملايين سنة إلى حوالي مليون سنة مضت، هو أصل الإنسان المنتصب (Homo - Erectus) وهذا الأخير كائن من فصيلة الإنسانيات ذو دماغ أكبر وعاش منذ حوالي مليون ونصف المليون سنة. ويشكل هو نفسه جد فصيلة الإنسان الحالي أو الإنسان الحديث. يمتلك القرد الجنوبي الإفريقي مقدرة دماغية حجمها حوالي 400 سم³ ، بينما يتمتع الإنسان المنتصب بمقدرة دماغية تتراوح من 800 إلى 1300 ،ونجدها، هنا، تتداخل مع مقدرة الإنسان الدماغية الحالية. يمثل هذا التغير تغيراً كبيراً في حجم الدماغ، ووجهة النظر الكلاسيكية هي أنه خلال أربعة الملايين سنة الماضية التي مرّت بين القرد الجنوبي الأفريقي والإنسان المعاصر، تطورت اللغة والإدراك وحجم الدماغ معاً، لكن الإكتشافات المستحاثية الحديثة في كينيا واثيوبيا قد ألقت تساؤلات حول نسب الإنسان المعاصر. فهناك إمكانية لأن يكون الأصل الذي انحدر منه الإنسان الحالي كان يعيش في مرحلة القرد الجنوبي الأفريقي نفسه، مما أرجع أصل الإنسان إلى حوالي ثلاثة ملايين سنة إلى أربعة ملايين. ووجد ريتشارد ليكي (Richard Leakey) عند بحيرة توركانا (بحيرة رودولف سابقاً) مستحاثة إنسان منتصب عام 1975 تعود إلى حوالي مليون ونصف المليون سنة، ووُجد في عام 1972 أجزاء جمجمة مستحاثة إنسانية تعود إلى 2 - 3 ملايين سنة، وقد سميت هذه الجمجمة بإسم رقمها التصنيفي وهو KN M - ER - 1470 الشكل (7.3)وهي مهمة لشكلها الجمجمي ومقدرتها التي تشبه تلك التي عند الإنسان المنتصب تماماً. ويفيد هولوي(Holloway) من جامعة كولومبيا أن منطقة بروكا في ER 1740 أكبر من تلك الموجودة في جماجم القردة الجنوبية الإفريقية؛ ولذلك يبدو محتملاًأنالإن ان الحالي قد انحدر من أصول ER 1740 الإنسانية وليس من القردة الجنوبية الإفريقية. أو إنسان الكهوف الذي وجدت بقاياه في أوروبا وتعود إلى فترة من 100,00 إلى 70,000سنة. الشكل (7.4)

(١) فصيلة القردة الجنوبية: مقاربات الانسان، فصيلة من فصيلة الانسانيات؛ تتكون من جنس وحيد: القرد الجنوبي. جنس من مقاربات الانسان عائد إلى فصيلة القردة الجنوبية، يمثل فرعاً جانبياً من التطور البشري (معجم مصطلحات العلم والتكنولوجيا)



الشكل (7.3) : تمثل (A) و (B) مناظر من جمجمة KNM - ER 1470

ثمة دليل آخر بشأن الإنسان الأول هو عثور جونسون (Johanson) (عالم بيئة من Case Westem reserue) والطيِّب (جيولوجي من The centue Vational de la Recherche Scientifique at Mendon Bellevue outside Paris) على بقايا عائلة من الكبار والصغار في إثيوبيا. وقد فُسِّرت مجموعة الهياكل هذه بوصفها هياكل أصل الإنسان، وتعود إلى ثلاثة ملايين سنة تقريباً. واقترح جونسون وليكي أن بقايا الهياكل العظمية هي بقايا تجمعات تعاونية تقتسم الطعام، ولذلك فإن إمكانية امتلاكها لشكل من أشكال الكلام قوية، وربما أصبحت تعقيدات الحياة، وتطور مقدرة منتقاه لحل المشاكل للتعامل مع هذه التعقيدات المتزايدة إلى تطور نظام إتصالات مرن ومعقد كمحلل مبكر في التاريخ يعود إلى زمن أقدم مما هو معتقد.



الشكل 7.4: تطور الإنسان

(1) نمط من الأحافير البشرية من العصر البليستوسيني في جاوه والصين يمثل جانبا من التطور البشري

(2) فصيلة من فصيلة الانسانيات تضم الانسان الأول من العصرين الميوسيني والبليوسيني

(3) انسان الكهوف : منسوب إلى وادي السيناندرتالي قرب دوسيلدوف بألمانيا حيث وجدت بقايا هيكل عظمي لانسان قديم.

عدد تقريبي للسنوات الماضية		
4-5 مليون إلى 1مليون سنة	فصيلة القردة الأفريقية الجنوبية	انقرضت
3 ملايين سنة	بقايا إنسانية في أثيوبيا وكينيا	أصول الجنس البشري الإنساني
2 مليونا سنة	أول أداة إنسانية	
1½ مليون سنة إلى 500,000	الإنسان المنتصب	أصل الجنس الإنساني
250,000	الإنسان البشري الحديث	
1000,000 - 70,000 سنة	بقايات إنسان الكهوف في أوروبا	إنقرض
70,000 - 35,000 سنة	دليل وجود الدين والفلسفة	
30,000 سنة	دليل وجود الفن (الأدب)	
6,500 سنة	أول كتابة معروفة	

الجدول 7.1 : جدول تقريبي يعتمد على اكتشافات مستحاثات النوع الإنساني الحديث.

شروط متطلّبات الإدراك Cognitive Prerequisites

إبتغاء نشوء أي نظام لغوي واستمراره والحفاظ عليه، لا بدُ من أن تحتاج إليه الأجناس حاجة ماسة. فقد طوّر النحل، والدولفين، وبعض الحيوانات الأخرى المتوحشة أنظمة إتصالات متطورة. ويمكن أن تكون الإشارات أو رموز الأنظمة شميّة، موضعيّة، سمعية أو بصرية. فعند الثديات المائية، تكون معظم الإشارات سمعية. أما عند القردة الضخمة فيبدو أن الإشارات مجموعٌ من الإشارات السمعية والبصرية. وتنشأ الحاجة الماسّة الواضحة لنظام إتصالات عند احتياج المخلوقات للتعاون والتقاسم من أجل البقاء. وبتزايد، صفة العيش الإجتماعية، بحيث يعتمد مخلوق على آخر، وبتنامي درجة تعقيد الوجود الإجتماعي - يجب - عندئذٍ - على نظام الإتصالات أن يكون غنياً ومرناً على نحو كاف بحيث يتمكن من نقل المعلومات الضرورية. إذ يمكن، مثلاً، أن تكون اللغة ملائمة في نقل معلومات حول صناعة الأدوات المستخدمة في الصيد أو جمع الطعام. وربما كان ضرورياً نقل معلومات حول كيفية تصميم أداة تستخدم في صناعة أدوات أخرى. ويحتوي مخطط تصميم أدوات تستخدم في صناعة أدوات أخرى أو اعتماد استراتيجية تستخدمها عدة مخلوقات في صيد حيوان على تأجيل في إصدار الأوامر العصبية، وتفكير في المستقبل. وتفترض اللغة عادة الوعي وتعكس أساسه الإدراكي. وبقدر ما يكون الإدراك مجرداً يكون تعقيد النظام اللغوي ضرورياً. وعندما تحرك الإنسان البدائي في قبائل يصطاد على نحو جماعي، ويشارك في الولائم ويحمي الآخرين من الأعداء أصبح تبادل المعلومات أمراً مهماً جداً. والبرهان على متطلبات الإدراك ماثلٌ هنا وهناك. حيث يعود تاريخ أول أداة معروفة إلى حوالي مليوني سنة مضت، ويعود تاريخ أدوات استخدمت بوصفها أشياء فنية إلى حوالي ثلاثين ألف سنة. ووُجد هيكل عظمي قرب La chapelle - aux - Saints في جنوبي فرنسا، يعود تاريخه إلى ما بين 7,000 و 35,000 سنة، مدفوناً مع عدة أدوات، وذلك عُرفٌ أو تقليد يحكيٰ عنه في مراسم دفن إنسان الكهوف، ويقترح ذلك دين، وفلسفة، ومفاهيم مجردة تفترض، في أغلب الظن، وجود لغة لنقل الأفكار.

ويرى ڤان لوك كودل Van lawick - Goodall ، أنّ الشمبانزي تستخدم أدوات في

حصولها على الطعام، وتتخاطب بالإيماءات، وتعابير الوجه، وأكثر من عشرين صرخة أو نداءً، إلاّ أنها لا تمتلك لغة كلغة الإنسان، على أية حال، حيث تقسم الرموز ويعاد تجميعها في عدد لا يحصى من الرسائل. ويدّل نداء معين أو صرخة معينة في نظام إتصالات بسيط، كما يمكن أن تكون الحال، على شيء ما، ويشكّل كلّ منها رسالة مستقلة. يمكن أن تشير صرخة طائر ما إلى التنبيه على وجود خطر، ويمكن أن يدّل موقف أو وضع جسماني على الخضوع أو الإستسلام. وفي مثل نظام الإتصالات هذه يجب أن تكون الصرخات المميزة أو الإيماءات محدودة العدد كي لا تثقل كاهل الذاكرة. زد على ذلك أنه لو زاد عدد الصرخات هذه فقد تفقد صفاتها التميزية وتغدو غامضة. ولهذين السببين تطورت الأنظمة الأكثر تعقيداً حيث تقسم فيها النداءات أو الإشارات، وتستخدم في تركيبات تولد معاني مضاعفة أو متزايدة دون زيادة عدد العناصر الأساسية.

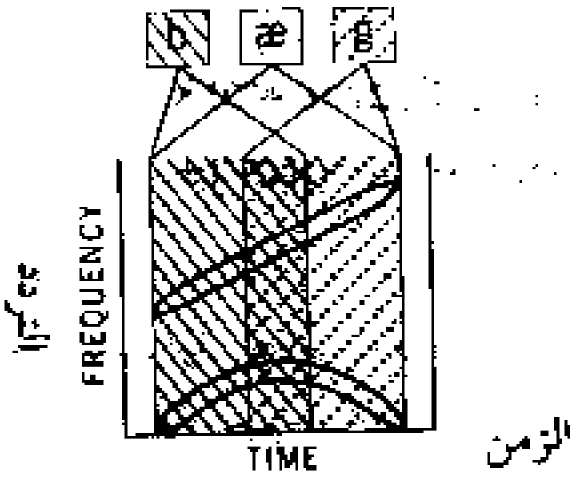
ومن ذلك مثلاً أنّ هوكيت وآستشر (Ascher & Hockett) أجريا تحليلاً لنداء التحذير، ويمكن تحويره على نحو يعني فيه أنّ الخطر قادم من الأعلى، ويمكن تحويره على نحو آخر بحيث يعني أن الخطر قادم من الأسفل. وكذا يمكن صبغ أقسام معينة من النداءات. ويقترحان أنه يمكن صنع نداء جديد يعني «خطر أو طعاماً» من أجزاء من نداء يعني «الطعام هنا» وأجزاء من نداء آخر يعني أن «الخطر قادم».

وفي حال اجتماعية يُطلب فيها قدر كبير من التفكير يساعدنا النظام اللغوي على تحديد الأفكار وخزنها في الذاكرة. إذ كثيراً ما نحصل على فكرة جديدة ونسارع إلى كتابتها كي لا ننساها؟ إن تسمية الشيء تساعدنا في تركيز الإنتباه عليه أو تذكّره، وتساعد على التغلب على الخوف منه في بعض العقول. وربما احتاج الإنسان البدائي أن يقول إسم فريسته ويدهنها أو يرسمها في كهفه كي يسيطر عليها. وهكذا يبدو أن اللغة لم تكن حاجة ضرورية لنقل مخاوف الإنسان البدائي وحاجاته الضرورية، بل ساعدته في تطوير إدراكه.

لماذا الكلام. Why Speech

لو أدّت حياة الإنسان البدائي الإجتماعية إلى نشوء نظام إتصالات أو نظام تخاطب معقّد وتطورهما فلماذا الكلام؟ ربما كأن نظام التخاطب لغة إيماءات معقدة كلغة الإشارات الأمريكية التي يستخدمها الصم، أو ربما كان نظام أصوات كذلك الذي تستخدمه الطيور. فالبشر يستخدمون الإيماءات، والتعابير الوجهية والصوت أثناء الكلام. لكنّ سيطرة نظام إتصالات صوتي ـ سمعي سمحت بالتخاطب الليلي، ونقلت التخاطب عبر مسافات بعيدة أو في مساحات تضعف الرؤية فيها، وحررت يد الإنسان في التقاط طعامه أو استخدام الأدوات. يختلف الكلام على أنظمة التخاطب الصوتية الأخرى في أنه مرّمز ومؤلّف من أجزاء صامتة وأخرى صائتة. وغالباً ما تصدر الأصوات متوازية على نحو تصبغ الدلائل السمعية لقسم ما الدلائل السمعية في القسم المجاور. ويساعد نظام التخاطب الرمزي الفعّال هذا في نقل معلومات في مدة محددة أكبر مما لو أرسلت متعاقبةً.

ومثال ليبرلمان بشأن تشابك الدلائل السمعية في كلمة «bag» جيد في هذا السياق. لاحظ في الشكل (7.5) أن دلائل /b/ السمعية تتشابك مع تلك الخاصة بـ /æ/ التي تتشابك هي نفسها مع /g/. وهكذا، نجد أن هناك تأثيراً متداخلاً في المخرج السمعي الذي يفك المستمع رموزه. لا يسمح الكلام بنقل للمعلومات السمعية أسرع كثيراً مما لو أصدرت الأصوات نفسها متعاقبة فحسب بل يعرض حشواً زائداً من المعلومات على نحو يصبح الإتصال معه مؤثراً على نحو فعّال. ونجد مثلاً أن دلائل جهر الفونيم /b/ على المستوى الفونيمي معطاة في النبضات الجهرية للصوت نفسه، وفي الوقت القصير بين الدفقة الهوائية وبداية جهر /æ/، وفي نقصان Aspiration في الدفقة الهوائية. وتضاف أنماط التنغيم، والنبرة، والإيماءات إلى المعلومات التركيبية والدلالية والفونولوجية المنقولة، ولذلك يجب أن تشوه الرسالة بشكل كبير للغاية قبل أن يتعذر فهمها جيداً.



الشكل 7.5 طيف بياني يوضح تأثيرات النطق المشترك في المقطع [bæg]

ويقترح ماتنجلي (Mattingly) أن الكلام بمظاهره الدلالية المناسبة لتخزين طويل الأمد في الدماغ البشري ومظاهرة الصوتية المناسبة للبث على خط المجرى الصوتي لم يتخيّر مصادفة ليكون أداة للغة البشرية. بل يُفترض بوصفه نتاجاً خاصّاً بذكاء الإنسان مركباً مع استعدادات فيها قبل اللغة أو تحرر إجتماعي فطري يشبه في صفات خاصة، المؤثرات أو المنبّهات الرمزية التي تفرضها المخلوقات الأخرى، كذلك القسم من أغنية عصفور الدوري الأبيض الصنف الذي يشير إلى حدود ملكيته بالنسبة إلى الطيور الأخرى.

وربما مكنت ملكة الأصوات الكلامية الفطرية هذه، الإنسان من أن يخطط للصيد وللرحلات الجماعية وحماية الجماعات المتقاربة سلالياً. ونقول بتعبير آخر إنه يمكن أن تكون المقدرة الكلامية قد أدت إلى السلوك التعاوني. ومن وجهة نظرية بحتة يمكن للفكرة المعارضة القائلة إن الحاجة لفعل هذه الاشياء من أجل البقاء قد قادت إلى تطوير شيفرة كلامية مكيفة بحيث تنقل المعلومات عن الحاجات أن تكون صحيحة. أي: أن السلوك قد أدى إلى اللغة. ويبدو أن المسألة لا تكمن في أيها وجد أولاً: الكلام أم السلوك القبلي، بل هي مسألة الحاجات الأجتماعية، والمقدرات الإدراكية والأنظمة اللغوية التي تطورت معاً بحيث تتساند ويبني كلّ منها على ما قدم الآخر.

الإطار النفسي — Psychological Framework
لغة الشمبانزي — Chimpanzee language

يمكن جمع بعض الأدلة على نشوء اللغة والكلام من مراقبة السلوك التخاطبي عند الثدييات المتدنية، والطيور، والرضع البشر، ومن دراسة الإدراك السمعي الإنساني وغير الإنساني. وقد افترض البشر منذ زمن بعيد أنهم الوحيدون الذين طوّرا لغة تحدّد بوصفها نظام اتصالات رمزيا تحكمه قواعد وقوانين محددة ويمكن للمرء أن يولّد من خلاله ألفاظاً جديدة ومبتكرة. كان هناك شك في أن الدولفين يمكن أن ينافس الناس نحو هذه القدرة، لكنّ الدليل لما يتوافر بعد لأن الإنسان قد فشل حتى الآن في فهم النظام التخاطبي الذي يستخدمه الدولفين. وحتى العقدين الماضيين لم يشعر الإنسان بأي خطرٍ من أقرب أقربائه من الكائنات الحية، وهي القردة الضخمة التي كان واضحاً تماماً أن مقدرتها على تعلم اللغة ضعيفة منذ البداية.

وقد حاول هيز (Hayes) تعليم قرد شمبانزي يدعى فيكي (Vicki) التكلم، وبعد أربع سنوات من الجهد المضني كان أقرب شيء إلى الكلام البشري، في سلوكه التخاطبي، أربع كلمات هي: «cup», «up», «papa», «mama». وكان لابد، خلال الستينات والسبعينات، من تركيز الإنسان على مقدرات الشمبانزي اللغوية والتكيف معها. وقد بدا واضحاً منذ البداية، عندما قام جاردنر (Gardner) من جامعة نيفادا بتدريب أنثى شمبانزي إسمها واشو (Washoe)، أن الشمبانزي قادر على تنفيذ السلوك الرمزي الذي يعدّ لغوياً أنه ينطوي على تعلم القواعد الضرورية في تسلسل الرموز، ويقدم دليلا على ذلك لأنه يمكنه استخدام النظام على نحو مبدع من خلال توليد ألفاظ جديدة لم يتعلمها من قبل، إذا تم التعبير عن اللغة بطريقة إيمائية بدلاً من الطريقة الصوتية. وتعلمت واشو مخاطبة الإنسان من خلال تعلم لغة الإشارة الأمريكية للصم، الشكل (7.6)، وتعلمت كلمتها الأولى وهي في عمر خمسة عشر شهراً، وتعملت جملتها الأولى بعد عامين وهي: «come Gimme sweet»، وبعد السنة الخامسة تعلمت واشو

أكثر من 130 رمزاً، وعدّ هذا قفزة أو خطوة كبيرة تجاوزت إنجاز فيكي المحدد بأربع كلمات فقط.

الشكل 7.6 : واشو وهي تغني كلمة «drink» «اشرب» لبياترس جاردنر.

والبحوث التي تستخدم لغة الإشارات جارية الآن في عدة أماكن وقد حققت نتائج إيجابية وعدداً أكبر من المفردات ووفرت دليلاً أقوى بشأن ألفاظ مبتكرة، حيث علّم بريماك «Premack» من جامعة كاليفورنيا في «Santa Barbra» أنثى شمبانزي إسمها Sarah نظاماً آخر يستخدم طريقة بصرية ـ يدوية. وقد استخدم نظاماً من 125 كلمة مثلت بـ 125 شكلاً بلاستيكياً مختلفاً في إصدار جمل مثل «Mary give apple». ويستمر هذا المنهج الآن في عدة مراكز جامعية من خلال استخدام الآلات الطابعة برموز معروضة على المفاتيح تثير أو تنشط عملية تركيب الكلام، وطريقة أخرى، هي أيضاً بصرية ـ إيمائية، تعتمد على آلة تعليم يضبطها كمبيوتر. وقد عُلمت Lana ـ وهي أنثى شمبانزي يمكنها التخاطب (في yerter Regional)، ضغط أزرارٍ مركزة كي تطلب عملاً ما. وهكذا تمكنت من تعلم القواعد التركيبية الأساسية من الإنجليزية وأبدت فهماً كافياً للقواعد بحيث استخدمتها في جمل جديدة. الشكل (7.7)

الشكل 7.7 : لانا عند لوحة مفاتيح حاسوب يمتلك كل مفتاح رمزاً مميزاً على سطحه.

والمدهش في هذه التجارب أن الشمبانزي يمتلك، في أقل تقدير، بعض المؤهلات الإدراكية الضرورية لفهم لغة بسيطة. من الواضح أنه يمتلك مفاهيم لبضع مئات من الأشياء، ولو زوّد برموز إيمائية أو رموز بصرية كي يربطها بهذه المفاهيم، لأمكنه تعلّم القواعد الضرورية لتوليد جمل جديدة منها. لكن الشمبانزي لم يظهر الإبداع اللغوي الذي يظهره أطفال البشر، إلاّ أنه يمكنه إبتكار بعض الألفاظ. وقامت لانا، التي لما تتعلم كلمة برتقال بعد، بل تعلّمت الكلمة الدالة على اللون البرتقالي، بضغط أزرار تشير إلى التفاحة ذات اللون البرتقالي. وقامت واشو، التي لما تعرف الإشارة الدالة على البط بتنفيذ الأشارة الدّالة على الطيور المائية. وهكذا يبدو أن معرفة أنّ القردة الضخمة الحية الآن تظهر بعض المقدرة اللغوية شيء مهم في مناقشة تطور اللغة والكلام عند الإنسان. إن الضبط الطوعي، الذي أبداه الشمبانزي في استخدام يديه في الطريقة البصرية ـ الإيمائية كان رائعاً. وإن قصوره الواضح في الطريقة السمعية ـ الصوتية هو اختلاف نوعي عن مقدرة الإنسان ويجب إرجاعه إلى اختلافات في الضبط العصبي، بالإضافة إلى خلافات تشريحية أخرى.

ويعدّ بعض المنظّرين كفاءة الشمبانزي المعاصر الإيمائية دليلاً على أن الإنسان البدائي يمكن أن يكون قد طوّر اللغة والكلام من لغة إيمائية بسيطة مستخدماً سمات فوق قطعية صوتية عاطفية (التنغيم والنبرة) معها. وتبوأت الأصوات النطقية، في هذه النظرية، مكانةً متصاعدة في الأهمية، وبالمقابل تضاءلت الإشارة تدريجياً. ويقترح منظرون آخرون أنّ الدليل من الشمبانزي يظهر أن الإنسان قد تطور وفق خط مختلف تماماً. ومهما يكن، فإن السلوك الرمزي يفترض وجود مقدرة إدراكية معينة، واللغة هي إحدى أشكال السلوك الرمزي، فليس الكلام إلاّ شكلاً من أشكال اللغة. ويمكن للشمبانزي أن يتعلّم بعض أشكال اللغة الإيمائية، لكنه تنقصه الآليات السمعية ـ الصوتية اللازمة لإصدار الكلام.

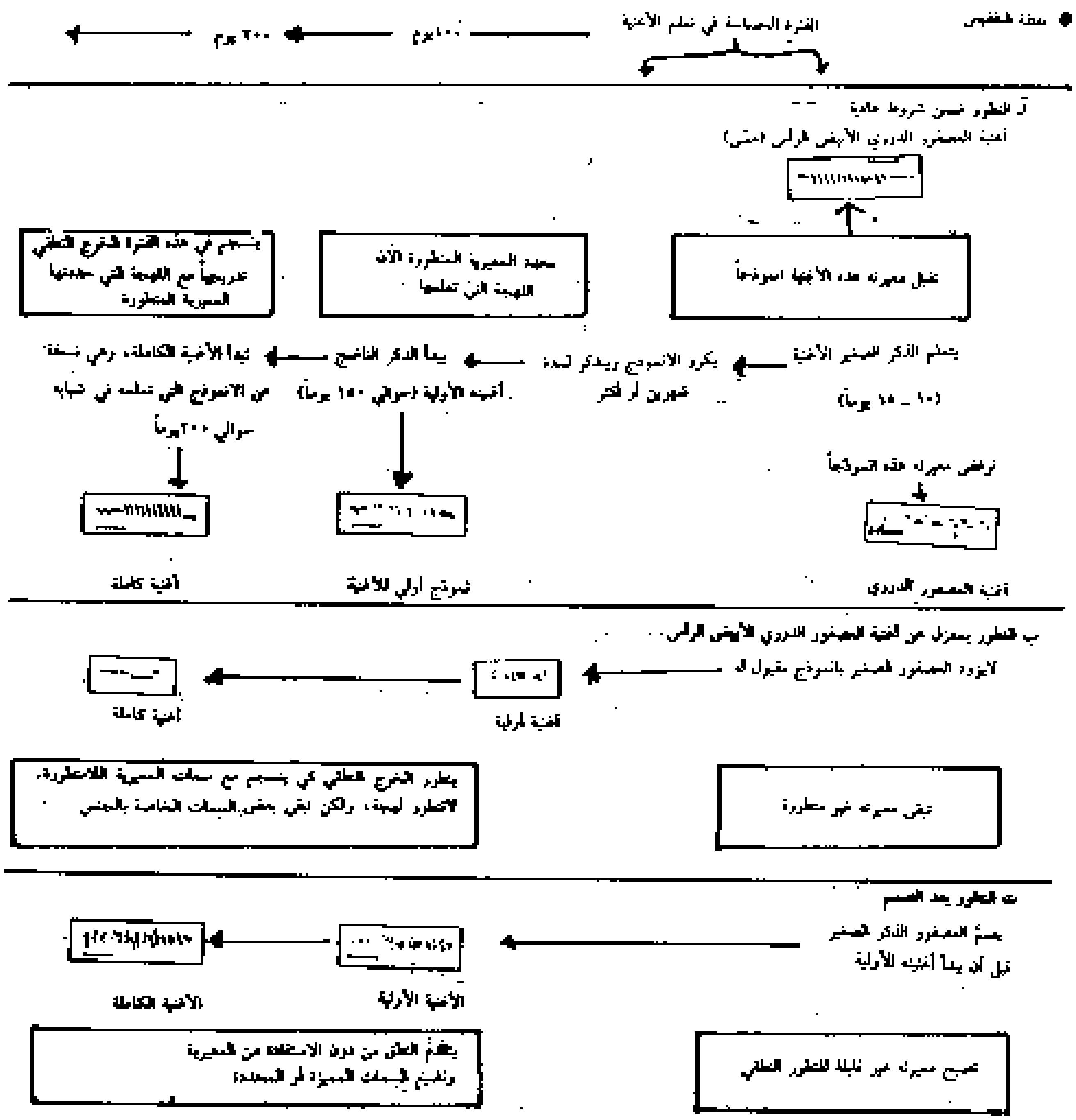
أغاني الطيور Bird Songs

إذا كان الإنسان طوّر لغة صوتية لا تحتفظ الإتصالات غير الكلامية فيها إلاّ بدور ثانوي، فما هي الأدلة التي تشير إلى تطورها، التي يمكن الحصول عليها من دراسة أغاني الطيور التي تستخدم نظام إتصال صوتياً أيضاً؟ يرى مارلر «Marler» من جامعة روكفلر في نيويورك تشابهاً بين كثير مما اكتشف اللغويون وعلماء النفس حول إدراك الكلام عند الإنسان والدراسات التي قام بها هو وآخرون على الإدراك السمعي وتطور أغاني الطيور.

لقد رأينا في فصل إدراك الكلام أن الناس يدركون سلسلة من أصوات شبيهة بالأصوات الكلامية على نحو غير مشروط أي: لا يستطيعون تمييز الإختلافات السمعية ضمن الفونيم - ولكنهم يميزون اختلافات مشابهة إذا وقعت عند حدود الفونيمات. هناك بعض الشك والإرتباك حول إمكانية كون هذا التمييز يقام على أساس فونيمي يمثل الوظيفة أو الدالة التمييزية في آلية السمع الإنسانية. وحقيقة أن الشنشيلة وقردة الريص تظهر تمييزاً مشابهاً، على الرغم من فقدانها الواضح للمعلومات الفونيمية التي ستبنى عليها تصنيفها، تشير إلى إمكانية بناء الناس للغتهم، وخاصة تميزاتهم الفونيمية، على التباين الذي يجده النظام السمعي أكثر تمييزاً وإلى أن هذا التوليف السمعي ربما تطور نوعياً على نحو يتضمن الإنسان وبعض الثدييات الأخرى. هناك، إذاً، توليف فطري للإدراك السمعي تجاه تباينات سمعية معينة يمكنها أن تصبح مفيدة لغوياً. وهناك أيضاً مقدرات إدراكية فطرية تسبق بوضوح أية مقدرات إصدار أو إنتاج مناظرة، وقد أظهرت إيماس وآخرون وجود الإدراك غير المشروط عند الرضع قبل أن يطوروا كلاماً بمدة طويلة. يمكن النظر إلى إدراك قردة الريص والشنشيلة بوصفه دليلاً على أن الإدراك يسبق الإصدار في التطور النوعي أو العرقي. وهناك، أخيراً، دليل حول الفترة الحساسة. حيث أن الكائن البشري مولف فيزيولوجياً على تعلم لغته

الأولى خلال سنوات العمر، وعندما يؤخر تعلم اللغة، يصبح تعلمها صعباً على نحو متزايد. وما يبدو سهل التعلم للغاية في سن الثانية يصبح شبه متعذر في سن الثامنة وفي سن البلوغ، حيث تضيع مرونة الدماغ لتعلم اللغة الأولى. وقد أوضح هوكيت أن فترة عجز الطفل الطويلة التي نشأت أو تطورت عند الإنسان تسمح بوقت أطول من المرونة في تعلم اللغات.

تعتمد المقارنة بين أغاني الطيور والكلام الإنساني على دراسات قامت على ذكر العصفور الدوري الأبيض الرأس. فكثيراً ما يسمع هذا العصفور أغنية العصفور المسّن من جنسه خلال الفترة الحسّاسة، عندما يكون عمره بين عشرة أيام وخمسين يوماً، ويستطيع سماع غنائه هو نفسه، إذ سيغني كامل الأغنية مع سيمات اللهجة المحلية عندما يبلغ عمره حوالي مائتين يوم تقريباً. فلو أصيب بالصم خلال الفترة الحساسة، لأصبحت الأغنية غير طبيعية. (الشكل 7.8)ولو عزل العصفور الصغير على نحو لايسمع فيه نمط غناء الطائر المسّن، بل يستطيع معه سماع غنائه الخاص، فإن الأغنية ستكون غير عادية، بل ستتضمن بعض سمات الجنس الطبيعية. ويشير هذا إلى أن أثراً أولياً عن الأغنية هو فطري، لكنه لكي يغني العصفور كامل الأغنية، عليه أن يسمع الأنموذج الذي يطبع نفسه في الدماغ ويغنيه فيما بعد، ويحوّره ويغيّره حتى يصبح صورة مطابقة للأنموذج المطبوع وعلى نحو مماثل، تمثل المقدرات الإدراكية والإنتاجية الفطرية الأساس للغة الخاصة التي يتعلمها الطفل، والتي يجب أن يتعرض لها خلال الفترة الحساسة من تعلّم اللغة، والتي يجب أن يسمعها نفسه وهو يستخدمها محاولاً تعلّم الأنموذج لكي يكتسب كلاماً عادياً.



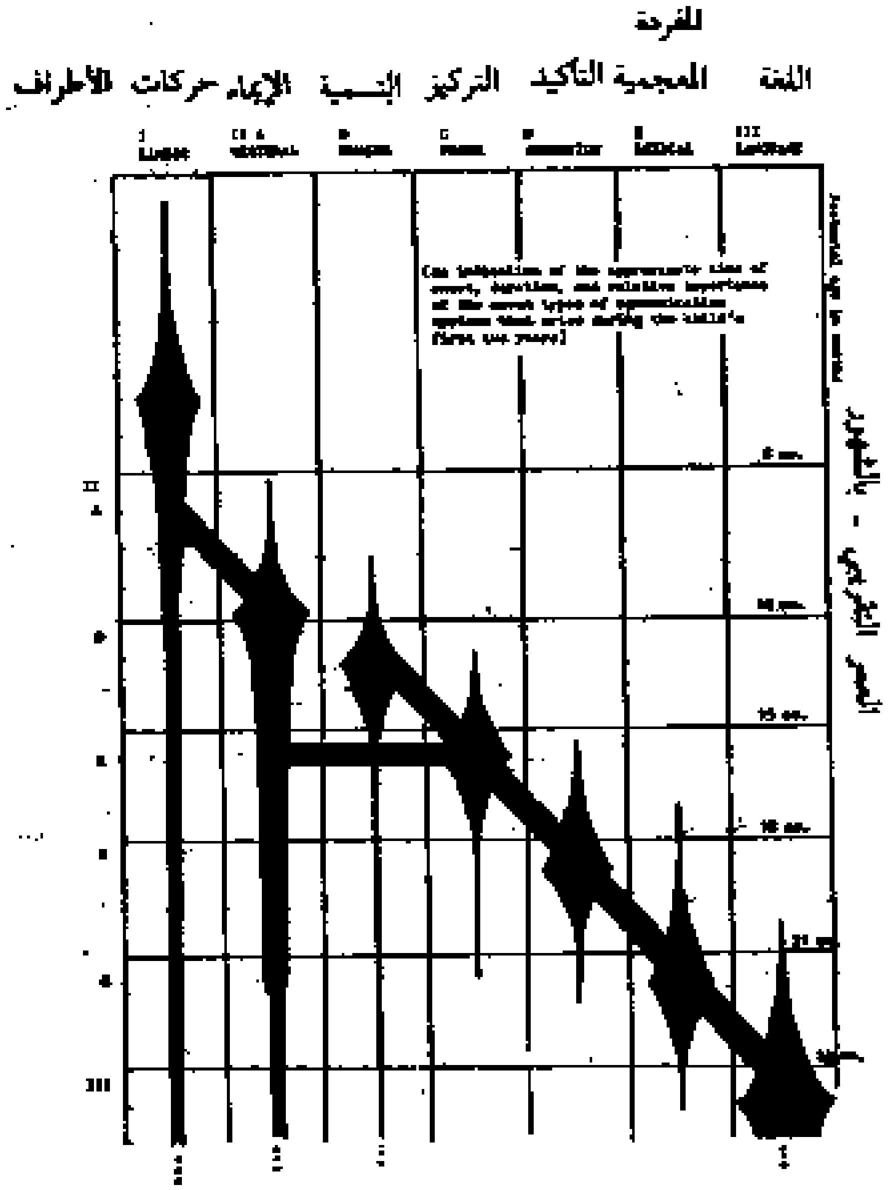
الشكل 7.8 : تمثيل بياني لفرطية «المعيّرية» في تعلم العصفور الدوري الأبيض الرأس. (أ) المتعلم ضمن شروط عادية. (ب) ضمن عزلة إجتماعية. (ت) بعد صمم مبكر.

إن الدلائل التي تعرضها النظريات اللفظية حول نشوء اللغة والكلام، بغض النظر عن كيفية حدوث ذلك، تقول بإمكانية أسبقية المقدرات الإدراكية على المقدرات الإنتاجية، أي: يمكن أن يكون الإنسان البدائي قد اختار طريقة المقارنة بين الأصوات وهو يطوّر كلامه، هذه التي كانت متباينة جداً قبلياً من خلال نظامه السمعي. ويقترح ميرز (Myers) أن الإنسان المنتصب بوصفه جنساً، يمتلك ضبطاً دماغياً على أعضاء النطق والحركات الوجهية ـ الفمية يختلف تماماً عن الأجناس المشابهة الأخرى التي تستخدم أيديها في نشاطات هادفة، ولكنها لا تمتلك سوى ضبط دماغي صغير على صرخاتها أو نداءاتها. إننا نعرف أن المقدرات الإدراكية الضرورية للكلام واسعة الإنتشار بين الحيوانات، ولكنه لا يوجد أي دليل على الكيفية التي تطورت بها المقدرات الإنتاجية (إنتاج الكلام). ويبدو أن الشمبانزي قادر على استخدام اللغة على نحو إنتاجي، ولكن تعوزه مقدرات الكلام اللفظية ـ السمعية. تستخدم الطيور الأنموذج اللفظي ـ ولكن يبدو أن نداءاتها أو أغانيها محددة وتنقصها شيفَرة إصدار مرنة تمكنها من ابتكار رسائل جديدة وخلقها.

لغة الأطفال Child Language

يمكن إيجاد أكثر الدلائل إقناعاً حول نشوء الكلام وتطوره من خلال دراسة تطور الكلام عند أطفال الإنسان. وتكون ألفاظ الرضيع قبل اللغوية صرخات لا إرادية تعبر عن القلق عندما يكون جائعاً أو غير مرتاح. وأصوات مريحة هادئة عندما يكون مرتاحاً أو يرضع. ويمكن أن تشبه مرحلة البأبأة مرحلة البداءة الفطرية في أغنية العصفور الدوري التي تبدو واضحة في أغاني العصافير الصماء. ويبدو أن البأبأة فطرية، فحتى الرضع الصم يبأبئون، لكن الطفل العادي يظهر بداية النطق الإرادي خلال مرحلة البأبأة بينما تموت البأبأة تدريجياً عند الرضيع الأصم. وبعد أن يكتشف الرضيع أن الصوت يعني شيئاً ما، وأنه، مثل آدم، يمكنه تسمية الأشياء، وذلك حدث يحدث عادة بحلول العام الأول، يتقدم تطور اللغة بسرعة. فبعد ستة شهور فقط، يقدم الطفل بعض الجمل،

ويستخدم الرضع الإشارة مع الصوت. وفي مرحلة تسمية الأشياء، يمكن أن يشير الطفل إلى شيء مهم له، ويحاول من خلال استخدام الإشارة والأصوات العذبة المغزى أن يشدُّ انتباه المرء إليه. وعندما تخونه الإشارة، عندما تفشل الأشارة في الإشارة إلى ما يرغب التعبير عنه، عندئذٍ، يحتاج الطفل إلى تسميته. وتطور التراكيب النحوية انعكاس مباشر أيضاً للحاجة الإدراكية القابعة خلفه. وتتطلب العلائق ترتيب الكلمات في عبارات فاعلة وعبارت فعلية في التعابير الكاملة، هل يمكن للتطور الفردي أن يلخص التطور العرقي (تطور عرق أو جنس بكامله). يقترح لامنديلا (Lamendella) أنه يمكن أن نرى تغيرات تاريخنا العرقي عندما ننظر إلى التطور الفردي للكائن البشري، وتصبح كامل النظريات، التي تبدو متناقضة ومبعثرة حول نشوء اللغة وتطورها، صحيحة، إذا اعتبرنا أن الإنسان البدائي قد مرَّ في مراحل متلاحقة مشابهة لتلك التي يمرّ فيها رضيع واحد بنفسه. يقتفي (الشكل (7.9) أثر مراحل التطور التخاطبي خلال السنتين الأوليين من عمر الطفل البشري، ومثلما يتقدم الطفل من نموذج من نظام الاتصالات إلى آخر ربما مرَّ أجدادنا تدريجياً بمراحل مشابهة.

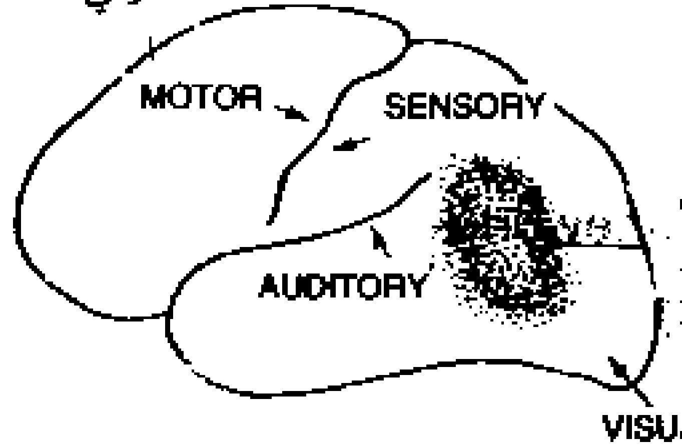


الشكل 7.9: مخطّط بياني للمراحل النضجية في تطور أنظمة الإتصالات عند الطفل. يبدأ الطفل برسائل عاطفية منعكسية تحكمها أنظمة الأطراف (اليد والرجل) حيث يضع تأكيداً متزايداً للرسائل الإدراكية (الفهمية) من خلال الإيماء، فالتسمية، فتركيز العبارات الهادفة في جمل من كلمة واحدة، إلى تأكيد مؤلف من كلمتين، وخيوط معجمية تشكل رسالة مختصرة (برقية). وبحلول العامين تحكم أنظمة التخصص الدماغية الجمل التي تلحق القوانين والقواعد المورفولوجية والنحوية (التركيبية)

الإطار الحيوي — Biological Frameworke

تنظيم الدماغ — Brain organization

إن آخر إطار يمكن الرجوع إليه في مناقشة طبيعة اللغة وتطور الكلام عند الإنسان هو من دراسات الدماغ والمجرى الصوتي. ولقد ذكرنا قبلُ الزيادة الكبيرة في حجم الدماغ بين القرد من جنوبي أفريقيا والإنسان المنتصب، ولكن إذا فسّرنا اكتشافات السبعينات في إثيوبيا وكينيا للهياكل الإنسانية، التي كانت تعاصر القرد الإفريقي الجنوبي، على أنها نفيٌ لكون القرد الإفريقي الجنوبي جداً مباشراً للإنسان، يصبح اختلاف حجم الدماغ أقل أهمية عندئذٍ. وربما كانت مقارنة تشير إلى ترتيب الدماغ أكثر أهمية من حجم الدماغ نفسه. وهناك بعض الدلائل على أن القشرة اللحائية الرابطة في منطقة الفص الخلفي الدماغي والفص الصدغي، المهمة جداً بالنسبة للغة، قد ازداد حجمها بتطور فصيلة الإنسان إلي الجنس البشري. وتعكس شظايا أقدم الجماجم الإنسانية المكتشفة أيضاً منطقة بروكا أكبر، وهي مهمة للضبط الحركي الكلامي، من تلك الموجودة خارج الجنس البشري. وقد قادت دراسة هولوي ضمن الجبيرات العظمية في فصيلة الإنسانيات إلى الإستنتاج بأن شكل الجمجمة الإنسانية قد نشأ في وقت أقدم بكثير مما هو معتقد الآن. لقد أعيد بناء الجماجم المستحاثية من الشظايا المتوفرة، ومن العبث ادعاء الدقة حول الأدمغة التي كانت تقطن هذه الجماجم. وطريقة أخرى في تناول المشكلة هي إجراء المقارنة والتباين بين الأدمغة السليمة في النوع البشري الحديث وأقربائه غير الناطقين. وقد أظهر جسيوند «Geschwind» من مدرسة هارفرد الطبية في بوسطن أن مناطق الإستقبال الأساسية في دماغي الإنسان والقرد متشابهة، ويقع الإختلاف بينهما في تطوير دماغ الإنسان لمناطق ربط أساسية وخاصة المنطقة الواقعة بين الفص الجداري ـ الصدغي التي تقع على نحو مناسب وسط مناطق الإحساس الحركي السمعي والبصري، الشكل (7.10)



الشكل 7.10 : توضيح مناطق الإستقبال والربط في منطقة الفص الجداري ـ الصدغي عند الإنسان. أن المنطقة الأخيرة متطورة جداً في الجنس البشري.

يعتقد أن تطور الربط هذه يفسّر سلوك التسمية عند الإنسان. فهو يرى ويحسّ بشيء ما، ويسمع إسمه، ويتعلم إصدار الإسم نفسه بعد ربط المتلازمات البصرية والسمعية والحسية ـ الحركية للشيء المراد تسميته. وتثير التسمية تطوراً لغوياً أبعد. وإن أي تعطيل في منطقة الإتصال في الفص الجداري ـ الصدغي يتدخل في مقدرة التسمية ومقدرات لغوية أخرى.

ويجد أولئك الذين يدعمون فكرة الأصل الإيمائي للكلام سنداً في التقارب الموجود بين تمثيلات اليد والتمثيلات النطقية في الوظائف الحركية ـ الحسية في الدماغ. وكما رأينا في فصل إصدار الكلام فإن الضبط الحركي لليد، وذلك الضبط الخاص في المجرى الصوتي، متقاربان على نحو دقيق، ويقعان معاً في فص الدماغ الأمامي، والشيء نفسه صحيح بما يخص التمثيل الحسي في الفص الجداري.

التخصص الدماغي Lateralization

من المفيد أن نناقش الأهمية الممكنة للغة من جراء تحديد وظائف جانبي الدماغ الواضحة عن الإنسان. يستخدم الإنسان أحد نصفي الدماغ في بعض الوظائف، والنصف الآخر في وظائف أخرى. واللغة مسيطرة على نحو جليّ في نصف الدماغ الأيسر على الرغم من وجود بعض الإختلافات الفردية. ولا يوجد هناك سوى دليل باهت بشأن

تخصص الوظائف الدماغية في الثدييات الأولى من فصيلة الرئيسيات*. وقد أظهرت القردة الضخمة تفضيلاً لاستخدام اليد (فقد رُوِيَ على سبيل المثال، أن الغوريلا تفضل البدء باستخدام اليد اليمنى في ضرب الصدر). لكن معظم البحوث قد أظهرت أن تفضيل اليد عشوائي التوزيع وليس مقصوراً على سيطرة اليد اليمنى، ويمكن تحويله من يد إلى يد من خلال التمرين. ولا يلتئم ضبط وظيفة اليد المسيطرة والكلام في نصف الدماغ نفسه دائماً، على أية حال، لأن معظم الناس الذين يستخدمون يسراهم (سيطرة نصف الدماغ الأيمن) يستخدمون نصف الدماغ الأيسر في ضبط الكلام والعمليات اللغوية. وقد لوحظ عدم تناسق يعتقد أنه يتصل بجانب اللغة في الدماغ البشري. فَشَقُّ سيلفيان في نصف الدماغ الأيسر أطول باتجاه الخلف وأدنى مما هو في نصف الدماغ الأيمن، ومع ذلك، لوحظ هذا الخلاف نفسه في دماغ إنسان الغاب*. وهكذا يبدو أن التخصص في نصف الدماغ يمكن أن يكون شرطاً قبلياً لتطور اللغة عرقياً وفردياً. وقد أظهر كيمورا أن الأطفال في سن الثالثة والرابعة يشيرون إلى إدراك كلامي متخصص (في أحد نصفي الدماغ) عندما يخضعون للإختبارات الثنائية. يمكن أن يتأسس أو يتوطد نصف الدماغ المتحكم بالكلام في وقت مبكر (أي: دون الثالثة)، لكنه من الصعب اختبار أطفال دون هذا العمر. يبدو أن تخصص العمليات الكلامية هو تكييف قام به أجداد الإنسان كي يستوعبوا الرمز الكلامي (الشيفرة) المتزايد التعقيد مع المقدرات الأخرى الخاصة بحل مشاكله.

تغيرات المجرى الصوتي Vocal Tract Changes

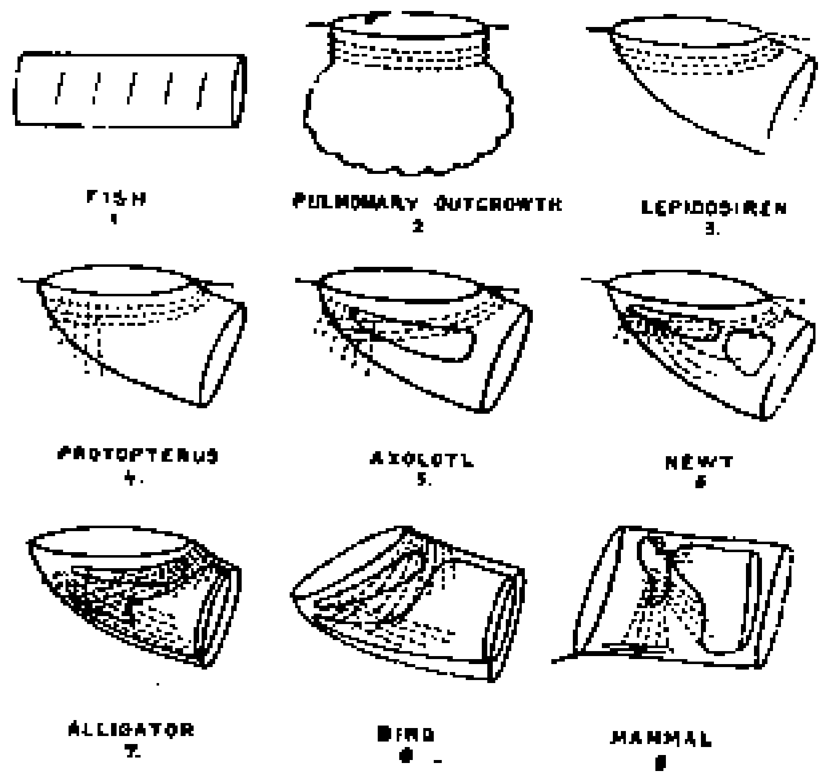
لقد تطور المجرى الصوتي أيضاً أثناء تطور الإنسان، وتطورت الحنجرة من عضو متكيف للتنفس خاصة إلى عضو تكيف أخيراً على نحو فريد، بعد بعض تغيرات أخرى كالشكل القائم، لإصدار الأصوات في الكلام البشري. وتطورت المنطقة فوق - الحنجرية أيضاً لعدة أسباب: منها تحسن حاسة الرؤية على حاسة الشم من

* الرئيسيات: رتبة الثدييات التي ينتمي إليها الانسان. فتميز من زاوية الاتجاه التطوري بالاحتفاظ بالتكوين الشائع للأطراف والأسنان وازدياد حركة الأصابع، وحلول الأظافر محل المخالب، وتطور الرؤية المجسمة وتنامي القشرة الدماغية.

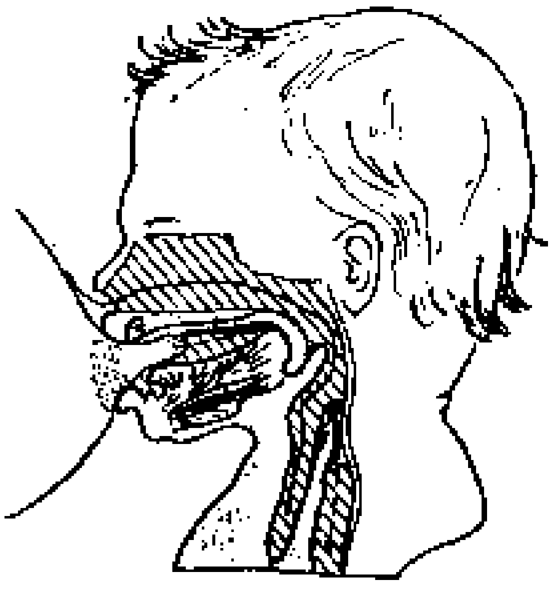
* انسان الغاب: ضرب من القردة العليا الشبيهة بالانسان يقطن في بورينو وسومطره.

حيث هي وسيلة لالتقاط المعلومات عن الحيوانات الأخرى، والحاجة إلى إصدار تنوع واسع من الأصوات المميزة. والتكيف الأخير في المجرى الصوتي ينفرد به الجنس البشري فحسب.

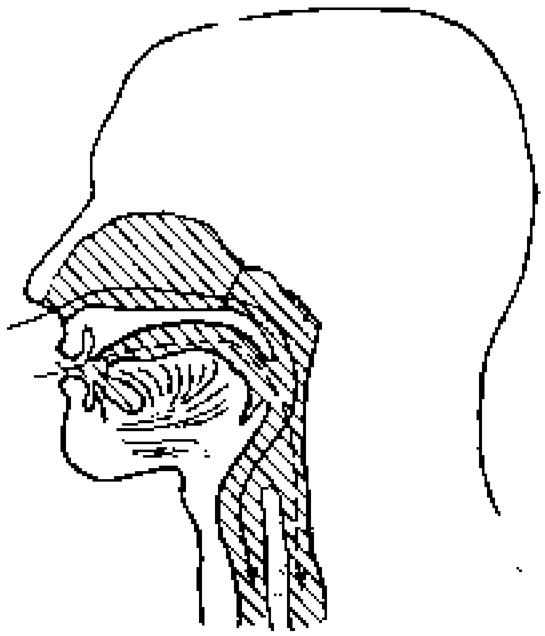
وكان نيوجس (Negus)، وهو عالم وظائف أعضاء بريطاني، أول من درس تطور الحنجرة والمجرى الصوتي بانتظام، وأوضح كيف تحولت العضلة العاصرة البسيطة عند السمكة الرؤوية، تدريجياً أثناء التطور، والتي كانت فعالة على نحو كاف في التنفس (فقد عملت بوصفها صماماً لفتح الممر إلى الرئة وإغلاقه) إلى الترتيب العضلي المعقد الذي نجده في الحنجرة الإنسانية التي تتميز بضبط فتح الحبال الصوتية، وإغلاقها، وشدّها، وإعطائها شكلاً معيناً، وهكذا تحدث أو توجد اختلافات في صفة الصوت والتردد الأساسي (الشكل 7.11) وتكيف المجرى الواقع فوق الحنجرة، الذي فَصَلَ في أجناس الثّديات الأولى بفعالية المجرى الهضمي عن المجرى التنفسي، إلى وضعيته المتصبة الآن عند الإنسان أولاً. واحتلّ البصر مكانة حاسة الشم بوصفها حاسة أساسية مما حرر اللهاة في الإنخفاض والإنفصال عن الحنك الرخو. فلم تزل حاسّة الشم هي الأساسية عند كلاب حراسة الأغنام. ونجد اللهاة مرتفعة وتلتصق بالحنك الرخو لإصدار قناة تنفسية منفصلة عن الأنف إلى الرئة. يمكن للكلاب أن تشمّ الخطر وهي تأكل لأن التجويف الفمي مفصول والطعام يهبط عبر قناة عن جانبي الحنجرة إلى المريء فالمعدة. وهكذا، لا يوجد هناك خلط بين كلتا القناتين، ولا يوجد هناك خطر من دخول الطعام إلى الرئتين. ويوجد هذا العزل بين المجاري التنفسية والهضمية عند أطفال البشر عندما يرضعون. حيث يرتفع لسان الرضيع ويضغط اللسان على حلمة الثدي وتتصل الحنجرة مع الممر الأنفي، وهكذا يمكن للرضيع أن يستمر في تنفسه وهو يرضع (الشكل 7.12) وسرعان ما ينتهي هذا بنمو الطفل، ويمتلك الأطفال والكبار حناجر وألسنة تهبط في البلعوم مسببةً شكلاً في المجرى الصوتي على هيئة L(الشكل 7.13) . وهذا الترتيب ذو فعالية كبيرة في إحداث التنوع الكبير في الأصوات المتميزة المستخدمة في الكلام البشري، ولكنه أقل فعالية في التنفس والهضم لأنها يتقاسمان ممراً مشتركاً وهو البلعوم. ولايوجد خطر الإختناق أثناء تناول الطعام في القصبة الهوائية فحسب، بل يمكن للإنسان أن يبلع ويتنفس في نفس الوقت كما تفعل المخلوقات الأخرى.



الشكل 7.11 : تطور الحنجرة.
بدأت بظهور شقوق الخياشيم الطولانية في المرحلة الأولى، وظهور العضلة العاصرة في المرحلتين الثانية والثالثة، واجتمعت مع العضلة الموسّعة في المرحلة الرابعة، وبظهور الغضاريف في المراحل 5 - 8. تتميز الحنجرة الثديية بانفصال في الغضاريف وتقسيم العضلة العاصرة إلى مكوّنات.
1 ـ السمك ـ 2 . نامية رئوية. 3. فصيلة جليات الحراشف. 4. الجناحيات الأولية 5. دمية الماء(اكسولوتل). 6 سمندل الماء. 7. القاطور. 8. الطيور. 9. الثدييات.



الشكل 7.12 المجاري التنفسية والهضمية عند طفل يرضع



الشكل 7.13 المجاري التنفسية والهضمية عند الإنسان

وهكذا يبدو أن الكلام ليس وظيفة توضع فوق الأنظمة التشريحية المستخدمة في التنفس والهضم فحسب، بل يبدو أن التغيرات التشريحية قد حدثت كي تهيّء الجسم تهيئة خاصة للكلام حتى لو كان ذلك على حساب أنظمة بقاء الإنسان.

ولقد زودتنا جهود ليبرمان وكرلين المتكاتفة بمعلومات عن طبيعة هذه التغيرات التطورية. فقد صنع كرلين (Crelin)، وهو فيزيولوجي في جامعة ييل متخصص بتشريح حديثي الولادة وعلم وظائف الأعضاء، سبائك سيليكون مطاطية للمجاري الصوتية عند حديثي الولادة والشمبانزي، والإنسان البالغ وأعاد بناء هياكل المجاري الصوتية من عينات مستحاثات لجماجم إنسان الكهوف وترتب أشكال المجاري الصوتية بملاحظة زوايا الوجيهات العضلية في الجماجم وقورنت بالمجاري المعروفة كتلك الموجودة في القردة الحية والإنسان. وقدّر ليبرمان وهو لغوي متخصص في سمعيات الكلام، مساحات المجرى الصوتي الممكنة، وأعطى هذه المعلومات لحاسوب مبرمج لحساب ترددات التشكيلات الموجية الأساسية (أو الرنين) لكل الأصوات الكلامية الممكنة. وقورنت التشكيلات الموجية الأساسية الممكنة بتلك المعروفة الصادرة عندالإنسان في تقدير مدى قرب ذلك الأنموذج من المجاري الصوتية من الأصوات الكلامية كما نعرفها اليوم.

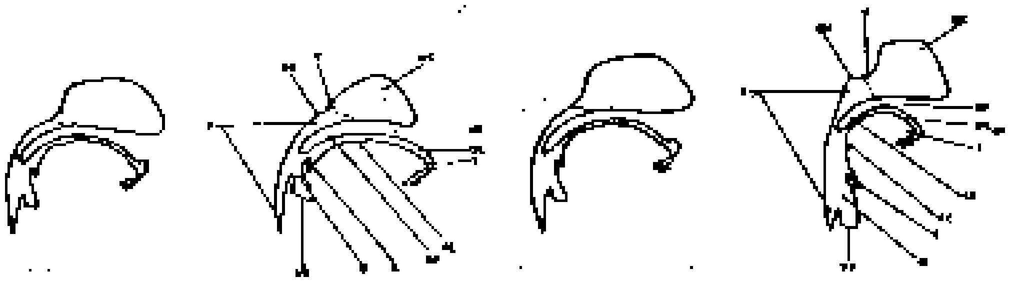
وبمخضيت محاكات الحاسوب لحديثي الولادة البشر، والشمبانزي المعاصر عن أنماط رنينية ماثلت تماماً الأصوات الحقيقية التي تفرضها مثل هذه المجاري، على الرغم من أنها أشارت إلى إمكانية وجود كبح عند الشامبتزي، حيث يمكنه إصدار تنوع أكبر من الأصوات التي يصدرها حقاً. تصدر القردة الضخمة وأطفال الإنسان أصواتاً نطقية أكثر حيادية مثل /a/ أو /x/، وتكون أنفية في أغلب الأحيان، وهي غير قادرة على فعل تعديلات المجرى الصوتي الضرورية في الأصوات الأكثر تطرفاً مثل /i/ ./a/ أو /u/. وحددت محاكاة رنين المجاري الصوتية التي ربما كانت ممكنة عند إنسان الكهوف الكلاسيكي وأعضاء فصيلة الإنسان الأخرى بالطريقة نفسها

يصور الشكل(7.14) سبائك طفل حديث الولادة، وشمبانزي بالغ، وإعادة تركيب مستحاثة إنسان الكهوف (La Chapelle - aux - Saint) ، وإنسان معاصر بالغ.

الشكل 7.14 سبائل سيليكون مطاطية للتجاويف الأنفية، والبلعومية والحنجرية في (1) رضيع إنسان معاصر، (2) شمبانزي بالغ (3) إنسان الكهوف، وإنسان بالغ معاصر.

ويظهر الشكل (7.15) مساحات المجرى الصوتي للنماذج نفسها، بمعالم مشار إليها، تساوت في حجمها عندما رسمت. لاحظ القرب الكبير للهاة من الحنك الرخو في أمثلة الطفل الرضيع، والشمبانزي، وإنسان الكهوف. ولاحظ أيضاً أن ثقب اللسان الأعور (نقطة بداية الحليمات الصغيرة) قد نزل أو هبط في البلعوم عند الإنسان البالغ محدثاً لساناً مقوساً قادراً على حركة ثلاثية الأبعاد، يقطن جزء منه التجويف الفمي، ويقطن

جزءه الآخر التجويف البلعومي، بالمقارنة مع اللسان المنبسط أو الكتلة العضلية الأكبر نسبياً التي تحتل التجويف الفمي في النماذج الأخرى. ولاحظ أخيراً البلعوم الطويل عند الإنسان البالغ الذي يشكل مع التجويف الفمي المرنان المؤلف من قسمين متميزين وهو ما يتميز به الإنسان البالغ فحسب.



الشكل 7.15 : مخططات للممرات الهوائية عند طفل بشري رضيع، شمبانزي بالغ، إنسان الكهوف وإنسان بالغ معاصر. إن المعالم التشريحية الموجودة على مخططي الشمبانزي البالغ والإنسان البالغ المعاصر هي:
P = (البلعوم)، RN = (سقف البلعوم الأنفي)، V = (عظم الميكعة)، NC = (التجويف الأنفي)، HP = (الحنك القاسي)، OC = (التجويف الفمي)، T = (اللسان)، FC = (الثقب الأعور)، SP = (الحنك الرخو) E = (اللهاة)، O (فتحة الحنجرة إلى البلعوم) و Vf = (مستوى الحبال الصوتية).

تشير نتائج محاكاة الحاسوب إلى أن بعض أشكال المستحاثات، كمستحاثات القرد الجنوبي الضخم الأفريقي وإنسان الكهوف، وكذا الحال عند الشامبانزي المعاصر، والرضيع عند الإنسان، لا يمكنها أن تصدر سوى عدد محدد من الأصوات من أجل التخاطب. بينما يمكن لبعضها الآخر أن يصدر تنوعاً صوتياً أكبر. فبعض مستحاثات الفصيلة الإنسانية تمتلك مجاري صوتية تمكّنها، افتراضاً، أن تصدر وترن أصواتاً شبيهة بالأصوات التي يصدرها الإنسان الحالي. إنسان شتامينهايم وهو مستحاثة اكتشفت في ألمانيا الغربية يعود تاريخه إلى 250,000

* انسان ماقبل التاريخ ممثل بقحف دون فك. تم اكتشافه قرب شتوتغارت في ألمانيا. تتوّاه الحاجبيان غليظان، ووجهه صغير نسبيا، وعلبة دماغه شبيهة بعلبة دماغ الجنس البشري

سنة، مقدرة دماغية وشكل المجرى الصوتي الضروري أو اللازم لشيفرة لغوية متطورة على نحو كامل.

ومن سوء الحظ أن مستحاثات الفصيلة الإنسانية المبكرة التي اكتشفها ليكي وجونسون والطيّب كانت مبعثرة ومتشظية للغاية، لأنه لو شابهت الأقواس الجمجمية والأسنان في هذه المستحاثات جمجمة الإنسان الحالي وأسنانه أكثر من مشابهتها تلك الموجودة في القرد الجنوبي الإفريقي الضخم، أو معاصراته، أو إنسان الكهوف، فربما انطبق التشابه نفسه على ترتيب العظام الوجهية التي ستضيف برهاناً آخر على تطور مجرىً صوتي مناسب للكلام يعود عمره إلى مليونين أو ثلاثة ملايين سنة. ويعتمد الكلام طبعاً، على أثر من مجرىً صوتي مناسب. ويقترح ليرمان أن العوامل المهمة الأخرى هي الأتوماتية، والمقدرة الإدراكية وتطوير شيفرة كلامية.

حكاية محتملة A likely Tale

إن نحن جمعنا الأدلة المتناثرة من مناقشة تطور الكلام من منظور الحاجة الإجتماعية، والدراسات النفسية حول الشامبنزي، والطيور، والرضع، والدراسات البيولوجية للدماغ والمجرى الصوتي يمكننا أن نقدم تخميناً بشأن كيفية نشوء الكلام وتطوره ونصمم حكاية محتملة.

عاشت أسر من الفصيلة الإنسانية الأولى منذ ملايين السنين في غابات إفريقيا تصطاد غذاءها في مجموعات صغيرة أو قبائل. وكانت تتخاطب فيما بينها من خلال استخدام عدة مواقف أو أوضاع جسمية كالإيماءات، والتعابير الوجهية، والصراخ، والنخير وبعض الأصوات الدالة على الراحة أو السعادة. ومثل حيوانات كثيرة تعيش اليوم، استخدمت هذه المخلوقات الصوت بالطريقة نفسها التي استخدمت فيها الإشارة، وكانت هناك علاقة بسيطة بين الإشارة ومعناها وبين الصوت ومعناه. وعلى غرار التحذير عند الطيور، وتداعي الذئاب للتزاوج، وصرخات الغوريلا الدّالة على العدوان، أصدر أسلاف الإنسان أصواتاً صاخبة تدلّ على الغضب، والانزعاج وفهموا معاني عدة أشكال إيمائية ونطقية تخاطبية، فهناك إشارات الطعام، والالتقاء الجنسي،

والخوف، والإنفعال، والكره والرضى. وكان كلّ منهم يجمع طعامه بنفسه، ويبقى ضمن نطاق قريب من الآخرين في المجموعة نفسها، ولا يفكر إلاّ بالحاضر.

وحدث تدريجياً أن غادرت بعض المجموعات الغابة الكثيفة بحثاً عن الطعام إلى الأراضي المنبسطة في سهول السافانا (الشكل 7.16)، عندئذٍ لم تعد هذه المخلوقات تحتاج إلى التأرجح بين الأشجار، لكنها احتاجت إلى التجول متباعدة قليلاً لإيجاد الطعام. ولم تعد طريقة الوضع الجسمي أو الصرخة الإيمائية تفي بغرض التخاطب. ومع مرور الزمن بدأ هؤلاء الأسلاف ينتصبون، وكانوا يستخدمون أيديهم على نحو متزايد في التقاط الثمر والحفر على الجذور بتطوّر مهارتهم في استخدام الأشياء وجدوا أنه من المفيد استخدام يد واحدة في إمساك الشيء المطلوب بثبات، واستخدام اليد الأخرى في التكيف به. وعلى هذا النحو طوّرت إحدى اليدين ضبطاً عضلياً كبيراً بغرض إمساك غصن الشجرة وجرّه نحو الأسفل، بينما قامت أصابع اليد الأخرى بالتقاط الثمر مستخدمة الضبط الأكثر دقة التي تعرضه العضلات الرقمية الأصغر. وبعد ذلك، عندما بدأ أحفادهم الذين كانوا صيادين صنع الأدوات الحجرية وتصميمها، استمروا في استخدام يد واحدة في مسك الحجر وشحذه وصقله باليد الأخرى. وقد نمّى صنع الأدوات عند هؤلاء إيثار استخدام يدٍ على الأخرى. وعلى هذا النحو اختلفوا عن أسلافهم الذين كانوا يستخدمون كلتا اليدين على نحو متساوٍ في التأرجح بين الأشجار. وقد حدث أن معظم هؤلاء الصيادين استخدموا أيديهم اليمنى في العمليات التي احتاجت إلى حركات دقيقة مما نشأ عنه تكيف اتصالات الألياف العصبية في نصف الدماغ الأيسر نفسه مع هذه الحركات الدقيقة، وبما أن هذه النشاطات تتطلب عناية وتركيزاً وقدرات على حلّ المشكلات، كان من الطبيعي لنصف الدماغ الأيسر السيطرة على العمليات التحليلية المتصلة بهذه النشاطات، وبالمقارنة كان نصف الدماغ الأيمن مسيطراً في العمليات التي تحتاج إلى التركيب والمقدرة على رؤية الكل والنشاطات البصرية ـ الفراغية والإدراك. وعندما حدّد الإنسان البدائي الوظائف الدماغية نسبياً، تطورت مقدراته بسرعة. وبما أنّ استخدام اليد كان غالباً مصحوباً بنطق وصخب هادفين دمجت هذه الأصوات تدريجياً في شبكة اتصالات نصف الدماغ الأيسر المؤسسة قبلُ التي تربط الفكر والبصر والفعل والصوت.

الشكل 7.16 حفرة مائية. لقد عاش الإنسان الأول في مثل هذه السافانا (جامعة شيكاغو).

وفي ذلك الوقت، ربما منذ ثلاثة ملايين سنة، كان الإنسان البدائي منتصب القامة تماماً، وأصبح مخترعاً لأداة ومتكلماً بدائياً. احتاج أن يسمي الأشياء لأنه وجد أن التعاون ضمن المجموعة المتقاربة أكثر إنتاجاً في الحصول على الطعام ومقاسمته. وأصبح من الضروري أيضاً التخطيط للمستقبل وتقسيم العمل. كانت لغته محدودة للغاية لسببين: البنية التشريحية لمجراه الصوتي، وعوزه لشيفرة. لقد كان يصدر عدة أصوات محددة حملت معانيه إلى مستمعيه، وعنت هذه الأصوات الشيء نفسه. اختار الأصوات التي كانت متباينة للغاية على نحو يقلل الارتباك والتشويش إلى أقله عند مستمعيه، وكان مقيداً أيضاً بعدد الأصوات التي استطاع إصدارها لأن حنجرته كانت أعلى من حنجرة الإنسان الحالي، وكان لسانه أكثر تقييداً في حركته. استطاع إصدار بعض الضوائت، واستطاع إصدار أصوات أنفية، ودفقات هوائية، وشخير، وأصوات صفيرية، وكان ابتكاره للرسائل الممكنة محدداً ومقيداً تماماً كتقييده في عدد الأصوات.

وحدث تدريجياً أن طور الإنسان البدائي عدداً أكبر من الرسائل بوساطة تجميع الأصوات وتركيبها وطور شيفرة عندما اكتشف أنه يمكنه استخدام صوت ما مع أصوات أخرى للتعبير عن عدة معان. وبتطور الشيفرة، تطورت الآليات الإدراكية التي تسيطر عليها.

وبانتصاب الإنسان الناشىء الآن، تكيف تركيبه البنيوي لشد الجاذبية على جسمه فهبطت حنجرته في رقبته التي بدأت تطول وزادت الطلبات الحركية الناعمة المتزايدة على اللسان تحركه المتزايد ودقة حركاته. وأوجد التجويف الفمي والبلعوم معاً أنبوباً رنينياً طويلاً.

واستطاع اللسان الأكثر مرونة الآن أن يتحرك في عدة اتجاهات مكن الإنسان من إصدار أصوات أكثر ليستخدمها في شيفرته الكلامية.

وعندما بدأ الإنسان التفكير على نحو أكثر تجريداً، بدأ يستخدم اللغة في التعبير عن فكره وتشذيبه، وحصلت نقلة كبيرة إلى الأمام في إصدار الكلام عندما أدرك الإنسان أن تبديل ترتيب الأصوات في التجمعات الصوتية لن يعطيه ألفاظاً ممكنة أكثر (/ma/, /am/) فحسب بل إن تغير التجمعات نفسها أو تبديلها يمكن أن يستخدم للإشارة إلى خلافات أبعد في المعنى، وهكذا، بدأ تطوير علم التراكيب أو مجموعة قواعد للنسق اللفظي الذي تمخض عن عرض رائع من الإبداع والابتكارات في إيجاد عدة طرق للإشارة إلى تغيرات في المعنى.

فـ «هل توم جاهز؟» تعني شيئاً مختلفاً عن «إن توم جاهز»، وكذلك الحال في ألفاظ «توم ضرب سالم» مقابل «سالم ضرب توم». ففي كل حالة نجد أن الكلمات هي نفسها، لكنّ التركيب أدّى إلى اختلاف في المعنى. ومن الأفضل فهم قواعد معينة وأتباعها في مثل هذه التغيرات، وإذ ذاك لن يحتاج المرء إلى تعلم كل لفظ بنفسه، بل يكفيه تعلم القاعدة التي يمكن تطبيقها في أمثلة أو حالات أخرى.

واكتشف الإنسان طرقاً إضافية لتغير المعنى من خلال الإضافة، والحذف، أو تغير صوت ما (Cats/Cat, n/ran) أو تغير النبرة (CONtract) تعني وثيقة؛ (Contract)) تعني يوافق ومن خلال تغير نقاط الوصل (an aim/a name)، أو بوساطة تغير نمط التنغيم (she Left./she left?)، وهكذا، كانت المرحلة الثالثة في تطور اللغة بناءً للتعبير اللغوي بحيث يمكن لأي إنسان يعرف القواعد التركيبية للغة ما مع معجمها أو مجموعة من كلماتها أن يبتكر جملاً لم يتعلمها أو يسمعها قبل، إن عدد الجمل في اللغة الإنسانية لا حصر له. وهناك نظام دلالة شامل أو نظام من الألفاظ الهادفة (ذات معنى أو مغزى). ورافق تزايد عبء اللغة في التعقيد تزايد الآلية الإدراكية التي تدعم وظيفتها.

المرحلة الأولى: الصوت = المعنى

المرحلة الثانية: تجميع صوتي = المعنى

المرحلة الثالثة: بناء صوتي وفق قواعد معينة = المعنى.

وتحولت قبائل مختلفة من الإنسان البدائي في إتجاهات مختلفة، وهكذا اختلفت التجمعات الصوتية أو الكلمات التي طورها. واختلفت التراكيب الخاصة في اللغات

الناشئة أيضاً على الرغم من وجود بعض التشابه في كل من القواعد التركيبية والمفردات عندما كان هناك إتصال بين المجموعات البشرية. لكن الأصوات الكلامية التي استخدمتها المجموعات الإنسانية المختلفة كانت متشابهة تقريباً بسبب القيود البنيوية الإنسانية (بناء المجرى الصوتي) وتشابه الجسم البشري. وطور الناس في كل مكان لغة شفوية. فكل اللغات تعمل وفق قواعد تمكّن المرء من تنظيم شيفرة معقدة من الألفاظ الهادفة (ذات مغزى).

الخاتمة Conclusion

ثمة سؤالان يطغيان على أي نقاش حول نشئ اللغة وتطورها وهما: كيف يمكن للمرء أن يفسّر الفترة القصيرة التي يفترض تطور اللغة فيها، وثانيهما: كيف يمكن للمرء أن يفسّر «العرق» عكس «العوامل التعليمية» في أصل اللغة وتطورها. وشرح للإنفجار المفاجيء في تطور اللغة الذي يفترض أنه حدث يشبه الطفل الذي يتحرك بسرعة من تسمية بعض الأشياء في سنته الأولى إلى القواعد التركيبية المعقدة في سن السنتين، فالإنسان البدائي تقدم بسرعة مذهلة منذ أن امتلك الفكرة «فكرة اللغة». وتفسير آخر يمكن أن يكون أن تطور اللغة لم يكن إنفجارياً، ولكنه بدأ منذ زمن أقدم مما هو معتقد، ربما أكثر من مليوني سنة، وتطور تدريجياً. تتصل هذه الفكرة بمسألة طبيعة الكلام؟ هل هو فطري أم مكتسب؟ وإذا ما عدنا إلى ديكارت ولوك، أمكننا أن نتساءل عما إن كان الإنسان تعلم لغة مجتمعه بتمامها من خلال أحاسيسه كما يقترح لوك، أم أن الإدراك الأساسي في اللغة يعتمد على كفاءة الإنسان الفطرية من حيث هو مخلوق مفكر كما يقترح ديكارت. فعلى أساس شروط التطور، يجب على الإنسان أن يفكر على نحو كاف حتى يطور شيفرة كلامية في المكان الأول. ورغم ذلك، على كلّ شخص أن يتعلم خصوصيات هذه الشيفرة من جديد. فالإصطفاء الطبيعي قد فضل أفضل من هو قادر على تعلم الكلام. ولذلك فإن العروق المعروفة بالإنسان المعاصر موهوبة في الجملة بمقدرة تعلم اللغات خلال فترة الطفولة. وهكذا نجد أن مقدرة تعلم اللغة والكلام فطرية، في حيث أن تعلم لغة خاصة، والكلام الحقيقي أشياء مكتسبة. ويمكن أن يوافق ديكارت ولوك على هذا التمييز، وكذا تشومسكي وسكنر أما الخلاف فيقع حول مكان الأهمية.

وهكذا ننهي هذا الكتاب حول الكلام بمناقشة بدايات التكلّم. يجب على العقل أن يتحرك من المعلوم إلى المجهول. ولا يمكن للمرء أن يأمل في إعادة بناء تطور لغتنا إلاّ

من خلال بعض المعرفة بالأنظمة اللغوية، وإصدار الكلام وإدراكه. وعلى قدر ما تزداد معرفتنا بالطرق التي يرمّز بها الإنسان الرسائل اللغوية ويفك رموزها نكون قادرين على استكمال نظرياتنا، التي نعترف بأنها مشوهة ومفرطة في تعميماتها، على نحو أفضل.

والأسئلة التي لا إجابة لها عديدة ومثيرة: إلى أي مدى من الدقة يعكس تطور الكلام عند الطفل نشوءه التطوري؟ إلى أي درجة مولفة (مُعدّة) الأطفال لإدراك الفوارق السمعية الهامة في الكلام؟ كيف تتداخل عمليات إصدار الكلام مع عمليات إدراكه أثناء تعلم اللغة؟ كيف يسيطر الدماغ على التوازي والأوامر الحركية المتشابكة أثناء إصدار الكلام؟ ما الضروري من آليات التغذية الإرجاعية وتحت أي ظروف؟ إن علم الكلام نظام بحث في أحد أهم آفاق المعرفة الإنسانية ويتحدانا جميعاً.

المراجع
خاصة بالفصل السابع

General

Harnad, S. R., Steklis, H. D., and Lancaster, J. (Eds.), *Origins and Evolution of Language and Speech*, *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 280, 1976.

Negus, V. E., *The Comparative Anatomy and Physiology of the Larynx*. New York: Hafner, 1962. This book is a rewritten version of *The Mechanism of the Larynx* which Negus had published in 1928 in London by Heinemann Medical Books, Ltd.

Pfeiffer, J. E., *The Emergence of Man*, 2nd Ed., New York: Harper & Row, 1972.

Stam, J. H., *Inquiries into the Origin of Language: The Fate of a Question*. New York: Harper & Row, 1976.

A Sampling of Thoughts on Speech Origin and Evolution

Geschwind, N., The Neural Basis of Language. *Research in Verbal Behavior and Some Neurophysiological Implications*. K. Salzinger and S. Salzinger (Eds.) New York: Academic Press, 1967, pp. 423–427.

Hewes, G. W., Primate Communications and the Gestural Origin of Language. *Curr. Anthropol.* 14, 1973, 5–12.

Hockett, C. F., The Origin of Speech. *Sci. Am.* 203, 1960, 89–96.

Hockett, C. F., and Ascher, R., The Human Revolution. *Curr. Anthropol.* 5, 1964, 135–168.

Lamendella, J. T., Relations between the Ontogeny and Phylogeny of Language: A Neo-recapitulationist View. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 280, 1976, 396–412.

Lieberman, P., *On the Origins of Language: An Introduction to The Evolution of Human Speech*. Series in Physical Anthropology. New York: Macmillan, 1975.

Lieberman, P., Crelin, E. S., and Klatt, D. H., Phonetic Ability and Related Anatomy of the Newborn and Adult Human, Neanderthal Man, and the Chimpanzee. *Am. Anthropol.* 74, 1972, 287–307.

Mattingly, I. G., Speech Cues and Sign Stimuli. *Am. Sci.* 60, 1972, 327–337.

Fossil Hominids

Day, M. H., Leakey, R. E. F., Walker, A. C., and Wood, B. A., New Hominids from East Rudolf, Kenya. *I. Am. J. Phys. Anthropol.* 42, 1975, 461–476.

Holloway, R. L., The Casts of Fossil Hominid Brains. *Sci. Am.* 231, 1974, 106–115.

Johanson, D. C., Ethiopia Yields First 'Family' of Early Man. *Natl. Geogr. Mag.* 150, 1976, 791–811.

Leakey, R. E. F., Evidence for an Advanced Plio-Pleistocene Hominid from East Rudolf, Kenya. *Nature*. 242, 1973, 447–450.

Living Primates and Birds

Gardner, R. A., and Gardner, B. T., Teaching Sign Language to a Chimpanzee. *Science*. 165, 1969, 664–672.

Gardner, R. A., and Gardner, B. T., Comparative Psychology and Language Acquisition. In *Psychology: The State of the Art*. K. Salzinger and F. L. Denmark (Eds.) *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 309, 1978, 37–76.

Marler, P., A Comparative Approach to Vocal Development: Song Learning in the White-crowned Sparrow. *J. Comp. Physiol. Psychol.* 71, 1970, 1–25.

Marler, P., On the Origin of Speech from Animal Sounds. In *The Role of Speech in Language*. J. F. Kavanagh, and J. E. Cutting. (Eds.) Cambridge, Mass.: M. I. T. Press, 1975, pp. 11–37.

Myers, R. E., Comparative Neurology of Vocalization and Speech: Proof of a Dichotomy. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 280, 1976, 7845–7857.

Premack, D., Language in Chimpanzee? *Science*. 172, 1971, 808–822.

Rumbaugh, D. M., Gill, T. V., and Von Glasersfeld, E. C., Reading and Sentence Completion by a Chimpanzee (Pan). *Science*. 182, 1973, 731–733.

Van Lawick-Goodall, J., *In the Shadow of Man*. Boston: Houghton Mifflin, 1971.

الملحق - رقم -1-

الأبجدية الصوتية للإنجليزية الأمريكية معتمدة على الأبجدية الصوتية العالمية.

APPENDIX 1

The Phonetic Alphabet for American English

Based upon the International Phonetic Alphabet

The Sounds of American English*

Vowel sounds	Key words
i	each, free, keep
ɪ	it, bin
e	ate, made, they
ɛ	end, then, there
æ	act, man
a	ask, half, past
ɑ	alms, father
ɒ	hot, odd, dog, cross
ɔ	awl, torn
o	obey, note, go
ʊ	good, foot
u	ooze, too
ə	alone, among circus, system
ɚ, ə	father, singer
ʌ	up, come
ɝ, ɜ	urn, third

Consonant sounds	Key words
p	pie, ape
b	be, web
m	me, am
w	we, woe
ʍ	why, when
f	free, if
v	vine, have
θ	thin, faith
ð	then, clothe
t	ten, it
d	den, had
n	no, one
l	live, frill
r	red, arrow
s	see, yes
z	zoo, as
ʃ	show, ash
ʒ	measure, azure
j	you, yes
ç	huge, human
k	key, ache
g	go, big
ŋ	sing, long
h	he, how

Consonant combinations (affricates)	Key words
tʃ	chew, each
dʒ	gem, hedge

Vowel combinations (diphthongs)	Key words
eɪ	aid, may
aɪ	aisle, sigh
ɔɪ	oil, joy
aʊ	owl, cow
oʊ	own, go

ملحق رقم -2-

الأعصاب القحفية الهامة في الكلام والسمع:

الإسم	المنطقة
1. الاعصاب الشميّة (Olfactory)	الأنف
2. العصب البصري (الثاني) (Optic)	العين
3. العصب المحرك للمقلة (الثالث) (Oculomotor)	العين
4. العصب البكري (الرابع) (Trochlear)	العين
5. العصب المثلث التوأم (Trigeminal)*	الوجه
يزود الحركة للعضلة الحنكية الموترة وثلثي احساس اللسان	
6. العصب المبعد (السادس)(Abducent)	العين
7. العصب الوجهي (السابع) (Facial)*	الوجه
(للعضلات الشفوية)	
8. العصب السمعي (الثامن) (Auditory)*	الأذن
ينقل الإحساس من القوقعة الأذنية مع بعض الألياف الحركية	
9. العصب اللساني البلعومي (Glossopharyngeal)*	البلعوم
الحركة إلى البلعوم، حسي من مؤخرة اللسان	
10. (Vagus)* العصب المبهم	الحنجرة
(الحركة إلى العضلات البلعومية)	
11. العصب اللاحق (Accessory)*	الحنك الرخو
(الحركة إلى العضلة الحنكية الرافعة	
12. العصب تحت اللسان (Hypoglossal)*	اللسان
الحركة للعضلات اللسانية.	

* لم تذكر سوى الوظائف المتعلقة بالكلام والسمع

ملحق رقم -3-

الأعصاب الشوكية الهامة في الكلام

*$c_8 - c_1$ العنقي (Cervical) الرقبة $c_5 - c_3$ العصب الحجابي إلى الحجاب الحاجز

*$T_{12} - T_1$ الصدري (Thoracic) الصدر $T_{11} - T_1$ إلى العضلات بين ضلعية

$T_{12} - T_2$ إلى العضلات البطنية

---

* لم تذكر سوى الوظائف المتصلة بالكلام . فالجذور الظهرية (تنبثق من مؤخرة النخاع الشوكي) هي حسية، والجذور البطنية (المنبثقة من مقدمة النخاع الشوكي) هي حركية

مسرد بمعاني المصطلحات
Glossary

A

اختبار **ABX** إجراء في اختبار التميز يطلب من المستمع أن يشير إلى إمكانية **ABX Test** أصوات المؤثر الثالث المقدّمة تشبه أكثر أصوات المؤثر الثاني أم المؤثر الأول

يبعد عن المحور الأساسي **Abduct**

يبعد عن محور الجسم السهمي أو أحد أقسامه

الإحداث السيني (الأفقي). **Abcissa**

أحد الإحداثين في نظام إحداثي ثنائي البعد، ويكون عادة الإحداثي الأفقي. يرمز له بالحرف X(إحداثي X لنقطة ما، يقاس بعده عن الإحداثي Y على نحو متواز للإحداثي ٠ X(الإحداثي الأفقي)

عتبة (حد) السمع المطلقة **Absolute Threshhold of Adubility**

مقدار من الصوت يلتقطه المستمع بـ 50% من الوقت

تسارع **Acceleration**

معدّل تغير السرعة بالنسبة إلى الزمن

منعكس سمعي **Acoustic Reflex**

منعكس ثنائي في الأذن الوسطى يستجيب للأصوات العالية بتغير معاوقة الأذن الوسطى.

مرنان سمعي **Acoustic Resonator**

أي شيء يحتوي على الهواء؛ أبنية مليئة بالهواء مصمّمة لأن ترن عند ترددات معينة.

دراسة الصوت (السمعيات) **Acoustics**

التكيّف **Adaptation**

اختلافات في الحركات الكلامية تعتمد على البيئة الصوتية المجاورة.

دراسات التكيف **Adaptation studies**

اختبارات تحديد الكلام وتمييزه بعد أن يتعرض المستمع إلى مؤثر ما على نحو متكرر.

Adduct
ينجذب أو يقترب من المحور الرئيس

يقترب من محور الجسم السهمي أو أحد أقسامه.

Afferent
مورِّد، ناقل نحو محور عصبي

ينقل أو يوصل نحو المركز. ففي النظام العصبي، تنقل العصبونات من الأجزاء الثانوية إلى المركز العصبي الرئيسي.

Affricate
صوت الوقف - الإحتكاكي

صوت يجمع بين إغلاق صوت وقف بتحرير صوت احتكاكي.

All- or- None principle
مبدأ الكل أو لاشيء

عندما يثار عصب بمفرده، أو ليف عضلي عند أو فوق عتبة الإثارة أو فوقها، فإنه سيطلق بقدرته الكاملة أو مداه المطلق بغض النظر عن شدة المؤثر والمنبه أو كثافته.

Allophone
بديل صوتي، ألفون

أحد أعضاء عائلة صوتية تعمل بوصفها فونيماً واحداً. [P^h] هو من الفونيم /P/.

Alpha (α) Motoneurons
عصبونات α الحركية

ألياف عصبية صادرة كبيرة (يبلغ قطرها من 9 - 16 μ) تعصب العضلات الهيكلية*

Alveolar Process
النتوء (الزائدة) اللثوية

حد العظم الفكي السفلي أو الحد العلوي للفك السفلي الذي يحتوي على جيوب تمسك بالأسنان.

Amplitude
السعة

القيمة المطلقة للإزاحة العظمى من قيمة الصفر خلال دورة واحدة من الذبذبة.

Amplitude Spectrun
الطيف السعوي

تمثيل صوري لحدث اهتزازي يمثل فيه المحور العمودي سعة الإشارة بينما يمثل المحور الأفقي ترددات المكوّن.

Analog - to - Digital Converter
محول نظيري - رقمي

أداة إلكترونية تحول إشارات مستمرة بقيم مستقلة ـ منفصلة.

نظرية التحليل من خلال التركيب **Analysis - By - Synthesis Theory**

نظرية قدّمها ك. ن ستريفينز تقول بأن عملية تحليل الكلام أو الإدراك يحتوي على إعادة بناء أولية أو تركيب للإشارة السمعية.

القوس الحنكي ـ اللساني **Anterior Faucial Pillars**

زيادات هابطة من الحنك الرخو على هيئة قوس تحتوي على العضلات الحنكية ـ اللسانية.

رنين مضاد **Anti - Resonance**

تأثير تصفية في المجرى الصوتي يتميز بفقدان القدرة السمعية في منطقة تردد معين.

لادوري **Aperiodic**

يتعلق بذبذبات الدورات الشاذة.

الحبسة **Aphasia**

فقدان جزئي أو كامل لمقدرة استخدام اللغة أو فهمها ينتج عن أذى يلحق بالدماغ.

نطق **Articulation**

حركات المجرى الصوتي في إصدار الأصوات الكلامية

طرجهاري **Arytenoid**

غضاريف مثلثة الشكل تتصل بها الحبال الصوتية.

هائي، مهموس، مهموس نفسي **Aspirate**

صوت مع احتكاك يصدر في المزمار مثل /h/

تشابه **Assimilation**

تغير في سمات صوت كلامي نحو سمات أصوات مجاورة.

الكَنَع (طب) **Athetosis**

حالة تتسم بحركات لا إرادية وبطيئة دودية الشكل وناكسة لمختلف أجزاء الجسم، تتعلق بإصابات في العقد القاعدية.

السمع **Audition**

Auditory Agnosia
العَمه السمعي

عجز الأجهزة السمعية المركزية على إدراك الصوت وتمييزه.

Auditory Nerve
العصب السمعي

العصب القحفي الثامن. عصب حسي بفرعين: الدهليزي الذي ينقل معلومات حول موقع الجسم، وفرع آخر قوقعة الأذن الذي ينقل معلومات سمعية. يسمى أيضاً بعصب قوقعة الأذن والدهليزي؛ أو العصب السمعي.

Auricle
الصوان

الغضروف المرئي من الأذن الخارجية.

Autism
فصام

تناذر يتسم بصعوبة تشكيل علاقات شخصية إجتماعية وتطوير لغة.

Autism Theory
النظرية الفصامية

نظرية مورير التي تقول بأن الأطفال يكافئون داخلياً عندما ينفذون نطق ضمني أو يلفظون كلمات جديدة.

Axon
محور عصبي

قسم من عصبون يحمل النبضات العصبية بعيداً عن جسم الخلية.

B

Babble
البأبأة

تنوع صوتي بدون اية دلالة لغوية يصدره الرضيع.

Basal Ganglia
العقدة القاعدية

الجسم المخطط، أو الجسم المخطط والمهاد معاً كمراكز تحت قشرية هامة (مجموعة من عدة كتل رمادية في المادة البيضاء في كل من نصفي الدماغ).

Basilar Membrane
الغشاء القاعدي

غشاء رقيق يشكل قاعدة عضو كورتي الذي يهتز إستجابة لترددات الصوت المختلفة وتثير الخلايا الحسية الشعرية المنفردة في عضو كورتي.

تأثير بيرنولي **Bernoulli Effect**

هبوط ضغطي بسببه تزايد السرعة عبر ممر ضيق.

مقياس التحجم / الكظاظة **Body Plethyamograph**

جهاز على هيئة صندوق مختوم يستخدم في قياس الإهتزازات الهوائية التي تصدرها الحركات التنفسية.

جذع الدماغ **Brain stem**

الدماغ الأوسط. والجسر (بروز محدب من المادة البيضاء يقع أسفل الدماغ، ويتكون من ألياف تتلقى النبضات من القشرة الدماغية، وتصدر ألياقاً إلى الطرف المقابل من المخيخ) والنخاع المستطيل.

التجويف الوجني **Buccal Cavity**

التجويف الوجني الواقع بين الأسنان والخدّين.

C

الجهاز العصبي المركزي **CNS = Central Nerevous System.**

حادث وعائي مخي. **CVA = Cerebral Vascular Accident**

شريان الرقبة الرئيسي الذي يزودالدماغ بالدم **Carotid Artery**

إدراك صوتي تصنيفي **Categorical Perception**

تدرك الأصوات على أنها تعود لمجموعات بنقلات إرادية مفاجئة بينها. وتميز تغيرات سمعية متساوية في مؤثرات شبيهة بالأصوات الكلامية بسهولة عندما يطلب من المستمع إتباعها بمجموعات مختلفة، إلاّ أنها صعبة التميز عندما يطلب تحديدها في مجموعة واحدة.

قسطر - ميل - محجاج **Catheter**

أنبوب رفيع يولج في ممر جسمي أو تجويف.

الجهاز العصبي المركزي **Central Nerveous System**

ذلك القسم من الجهاز العصبي الذي يتألف من الدماغ والحبل الشوكي.

إتجاه - نزعة - مُيل أساسي Central Tendency

قيمة تختار كنموذج لمجموعة من القياسات

المخيخ Cerebellum

قسم رئيسي من الدماغ (يقع خلف الدماغ وفوق المادة البيضاء المحدب الجسر) متخصص بتنسيق وتنظيم الحركة.

نصفا المخ Cerebral Hemispheres

نصفا المخ، ويشكلان القسم الأساسي من الدماغ.

شلل مخّي Cerebral Palsy

إسم يطلق على مجموعة من الإضطرابات تتسم بشلل، أو عدم التنسيق بسبب ضرر أو آفة داخل الجمجمة ساعة الولادة أو قريب منها.

حادث وعائي مخي Cerebral Vascular Accident

تخثر أو إنفجار أوعية الدماغ الدموية تسبب في دمار أو تعطيل الجهاز العصبي.

الصملاخ (شمع الأذن) Cerumen

العصب العنقي Cervical Nerve

أحد ثمانية أزواج من الأعصاب الشوكية التي تنهض من أجزاء الحبل الشوكي في منطقة الرقبة.

أهداب Cilia

زوائد شعرية الشكل قصيرة نسبياً، مركزية القاعدة، توجد على بعض الخلايا والعضيونات القابلة للتحرك.

تصوير سينمائي فلوري Cinefluography

تصوير سينمائي يصور بأشعة X.

عظمي الترقوة Clavicles

الحنك المشقوق Cleft palate

شق خلقي في سقف الحنك.

نظام الحلقة (الدائرة) المغلقة closed loop system

نظام يعمل تحت ضبط التغذية الإرجاعية

نطق مصاحب Co - Articulation

تشابك مؤقت للحركات النطقية في أصوات كلامية مختلفة.

قوقعة الأذن **Cochlea**

جوف الأذن الداخلية الحلزوني الذي يحتوي على أعضاء حاسة السمع.

مجرى/ قناة القوقعة الأذنية **Cochlear Duct**

تيه القوقعة الأذنية الغشائي الذي يحتوي على عضو كورتي. تسمى أيضاً بتقسيم القوقعة الأذنية والسلم المتوسط.

قرين **Cognate**

زوج من الأصوات متشابهة تماماً في مكان وطريقة النطق، ولا يختلفان إلا بوجود الجهر أو عدمه.

مونولوج جماعي **Collective Monologue**

عدة أفراد يتكلمون مونولوجات وكأنهم بمفردهم، ولكنهم يتخذون أدواراً وكأنهم في مناقشة.

مخاطبة - إتصال **Communication**

إعطاء، أو إعطاء واستقبال المعلومات.

إنضغاط **Compression**

إضمحلال في الجسم وزيادة في ضغط الوسط.

إستجابة مشروطة/ مقيدة **Conditioned Response**

تتوضح الإستجابة المشروطة في التقيد الكلاسيكي بمؤثر محايد مسبق، فهي اللعاب الذي يسببه رنين الجرس في تجربة بافلوف.

مؤثر - منبه مقيد **Conditioned Stimulus**

المؤثر (المنبه) المقيد في التقيد الكلاسيكي، فهو منبه محايد مسبقاً يثير إستجابة، وهو الجرس الذي يسبب سيلان اللعاب في تجربة بافلوف.

قرح **Contact Ulcers**

نقاط تآكل أو انقطاع في أقسام الحبال الصوتية الغضروفية يسببها إنجذاب قوي نحو المحور.

صوت ممتد **Continuant**

صوت كلامي يمكن إبقاءه، ويحتفظ بسماته السمعية.

Control **ضبط ـ تحكم ـ محكام**

مجموعة في تجربة تمثل المعيار بالمقارنة بالمجموعات الأخرى في التجربة. وغالباً ما تعتبر مجموعة الضبط محادية نسبةً إلى المجموعات التجريبية.

Conus Elasticus **المخروط المرن**

غشاء يواصل الممرات الهوائية الصاعدة من الغضروف الحلقاني إلى الرباط الصوتي الذي يحيط بالمزمار.

Cortex **اللحاء ـ قشرة الدماغ**

القسم الخارجي أو السطحي من عضو، مثل الطبقة الخارجية من المادة السنجابية في المخ.

Costal Pleura **غشاء الجنب الضلعي**

الغشاء الذي يبطن جدران التجويف الصدري.

Cranial Nerves **الأعصاب القحفية (الجمجمية)**

إثنا عشر زوجاً من الأعصاب تنبثق من قاعدة الدماغ.

Creaky Voice **صوت صريري**

Cricoid **الغضروف الحلقاني**

غضروف الحنجرة الذي يشبه خاتم السداد المحكم.

Cricothyroid Muscle **العضلة الحلقانية ـ الدرقية**

عضلة جوهرية في الحنجرة تشد أو توتر الحبال الصوتية.

Critical Period **الفترة الحساسة (في تعلم اللغة والكلام)**

فترة من الحياة يتطور خلالها إصدار الكلام وإدراكه في اللغة الأولى بشكل عادي. يعتقد أنه بعد هذه الفترة يصبح تطور اللغة متعذراً أو صعباً للغاية.

Cybernetics **الموازرة**

دراسة أنظمة ذاتية التنظيم.

D

Damping **تضاؤل (تخافت)**

تضاؤل (تخافت) سعة الإهتزازات أو الحركة بمرور الزمن.

الديسبل **Decible**

وحدة قياس الشدة، نسبة بين الصوت المقاس وصوت مرجعي (قياس).

التغذية الإرجاعية السمعية المؤجلة **Delayed Auditory Feed back**

تأخير في سماع المرء لكلامه. يصدر صنعياً.

غصين **Dendrite**

البروز التفريعي الذي ينقل النبض العصبي إلى جسم الخلية.

متحول / متغير تابع **Dependent Variable**

متحول في تجربة يلاحظ ويتغير نتيجة تأثير المتحول المستقل.

حبسة تطورية **Developmental Aphasia**

إكتساب غير طبيعي للكلام واللغة عند الأطفال سببه إعاقة أو تلف في الجهاز العصبي المركزي.

الحجاب الحاجز **Diaphram**

حجاب قبّي الشكل مؤلف من عضلة ونسيج ضام، يفصل بين تجويف البطن والصدر عند الثديات، ويستخدم كعضلة تنفسية.

الداين **Dyne**

وحدة قياس القوة، القوة المطلوبة لتسارع غراماً واحداً من الكتلة مسافة سنتمتراً واحداً في ثانية واحدة.

لكنة **Dysarthria**

إضطراب نطقي سببه تلف بعض أجزاء الجهاز العصبي التي تضبط العضلات النطقية.

عُسر القراءة **Dyslexa**

صعوبة تعلم القراءة.

E

ترديد الألفاظ **Echolalia**

ترديد أوتوماتيكي لما قاله شخص آخر.

صادر **Efferent**

ينقل من منطقة مركزية إلى منطقة ثانوية، ويشير إلى الأعصاب التي تنقل النبضات العصبية من الجهاز العصبي المركزي إلى الأجزاء الثانوية.

مناجاة النفس **Egocentric Speech**

كلام المرء لنفسه بصوت مسموع.

شيفرة - رمز مطور - تحكم **Elaborated Code**

مصطلح للدلالة على كلام أولئك الذين لا يفترضون أن المستمع يعرف السياق.

المرونة - المطاطية **Elasticity**

رغبة العودة إلى الوضع الأساسي بعد تشوه تحت ضغط.

إرتداد مرن **Elastic Recoil**

عودة ومطّ إلى حالة الراحة بسبب صفاته (الشيء) أو سماته البنائية.

تخطيط نشاط العضل الكهربائي **Electromyography**

تسجيل الكمون الكهربائي العضلي بواسطة غرس الكترودات في الألياف العصبية نفسها أو استخدام سطح اليد.

تجريبي **Empiricist**

من يؤسس أو يقيم إستنتاجاته على التجربة أو الملاحظة وليس على التفكير وحده (دون التفكير وحده)

مُرمّز (مُشفّر) **Encoded**

مُحول بشكل لا تميز فيه العناصر الأساسية (الأصلية) كوحدات منفصلة (مستقلة).

اللمفا الداخلية **Endolymph**

السائل اللمفي الذي يوجد في التيه الغشائي للأذن الداخلية.

لسان المزمار **Epiglottis**

إمتداد من غضروف مرن مغطى بغشاء مخاطي يغلق فتحة القصبة الهوائية مانعاً الطعام والشراب من الدخول.

المريء **Esophagus**

أنبوب عضلي أجوف يمتد من البلعوم إلى المعدة.

القناة السمعية **Eustachic Tube**

قناة ضيقة تصل الأذن الوسطى بالبلعوم الأنفي، وتسمح هذه القناة إلى تساوي الضغط على جانبي غشاء الطبلة المتقابلين

شروط تجريبية **Experimental (Condition)**

مجموعة من الشروط تجري الملاحظة تحتها.

الصماخ السمعي الخارجي **External Auditory Meatus**

قناة تمتد من غشاء الطبلة إلى الصيوان، وذلك جزء من الأذن الخارجية.

تغذية إرجاعية خارجية **External Feedback**

نظام معلومات حول نتائج تنفيذه نفسه، تغذية الكلام الإرجاعية السمعية والموضوعية

العضلات البين - ضلعية الخارجية **External Intercostal Muscles**

عضلات تصل الأضلاع بعضها وترفعها أثناء الشهيق.

العضلات المنحرفة الخارجية **External Obliques**

عضلات بطنية تهبط نحو الأمام في الجدران الجانبية.

F

لاقط السمه **Feature Pedector**

ميكانية عصبية متخصصة بالإستجابة إلى سمات سمعية أو صوتية في إشارة أو رمز

سمات، صفات **Features**

سمات أصوات كلامية تميز الواحد عن الأخر

تغذية إرجاعية **Feedback**

معلومات حول التنفيذ تعود إلى نظام الضبط. تنقل التغذية الإرجاعية السلبية معلومات عن الأخطاء، بينما تنقل التغذية الأرجاعية الإيجابية معلومات بأن التنفيذ يسير وفقاً للمخطط.

كاشف ليفي، منظار ليفي **Fiberscope**

حزمة من ألياف زجاجية تستخدم في فحص بصري مباشر داخل التجاويف الجسمية.

قطر، شق رولاندو Fissure of Rolando

تحدب يفصل الفصوص الأمامية عن الخلفية في نصفي المخ.

كاشف فلوري Fluro scope

جهاز يستخدم لرؤية مباشرة لأبنية جسم داخلية أو عميقة بواسطة الأشعة السينية.

ذبذبة مقسورة Forced vibration

ذبذبة بقوة خارجية

تشكيل موجي مميز Formant

رنين في المجرى الصوتي. تعرض التشكيلات الموجية المميزة في أطياف على هيئة أنطقة قدرة عريضة.

ذبذبة حرّة Free vibration

ذبذبة تتبع تحريك بدون أي تأثير خارجي لاحق.

تردد Frequency

عدد الدورات في الثانية.

صوت إحتكاكي Fricative

صوت ذو تردد عالي ينتج عن قَسر الهواء الدخول في فتحة ضيقة.

الفص الأمامي Front lobe

ذلك القسم من أيّ قسميّ المخ يقع فوق فطر سيلفيا وأمام فطر رولاندو

التردد الأساسي Fundemntal Frequency

تردد أدنى مركب في نغمة مركبة.

G

عصبونات غاما الحركية Gamma (&) Moto neurons

عصبونات صغيرة تنقل النبضات العصبية إلى الألياف ضمن مغزليه في محور أو ساق العضلة.

عضلة ذقنية لسانية Genio Glossus Muscle

عضلة لسانية جوهرية تقوم برفع اللسان ودفعه نحو الأمام.

صوت منزلق Glide

صوت يحتاج إصداره إلى تحرك اللسان بسرعة من هيئة أو شكل مفتوح نسبياً إلى شكل آخر في المجرى الصوتي. أمثلة في اللغة الإنجليزية /w/ و /j/.

هجوم مزماري Glottal Attack

أسلوب في ابتداء الجهر، تكون فيه الحبال الصوتية منجذبة نحو محورها بشدة عند بداية الجهر.

Glottis

المزمار Glottograph

جهاز يستخدم لقياس الكمية النسبية من الضوء التي تبث عبر المزمار.

مسجل التمثيل (الخطي) Graphic level Recorder

جهاز يستخدم في تحديد الشدة كدّالة على محور الزمن.

المادة السنجابية Gray Matter

مناطق عديمة النخاعية في الجهاز العصبي، تتألف، على الأغلب، من أجسام خلايا، تتباين في لونها مع لون الألياف العصبية المائلة إلى البياض.

H

الحنك الصلب (القاسي) Hard palate

القسم الصلب بين الفم والأنف. سقف الفم.

توافقي Harmonic

ذبذبة ترددها هو مضاعف صحيح للتردد الأساسي.

فصيلة الإنسانيات Hominida

أفراد عائلة الإنسان الحديث والإنسان المستحاثة. لا تضم القردة.

العضلة اللسانية - اللامية Hyoglossus Muscle

عضلة لسانية جوهرية لخفض اللسان

العظم الكلامي Hyoid Bone

عظم على هيئة نعل فرس يقع عند قاعدة اللسان وفوق الغضروف الدرقي.

أنفية - مفرطة Hypernasality

صفة صوتية تتسم برنين أنفي مفرط.

أنفية ـ ناقصة **Hypo nasality**

صفة صوتية تتسم برنين أنفي غير كاف (دون المستوى)

I

إختبار التحديد **Identi Fication test**

إختبار إجراكي تقدم المؤثرات فيه كل على حده (منفصلا) كي يسمى (يطلق عليه إسم).

معاوقة **Impedance**

مقاومة للحركة نتيجة كثافة الوسط وسرعة الصوت فيه؛ المجموع المركب للمفاعلات والمقاومات.

في الطور ـ مُتطاور **In Phase**

ذوات أشكال موجية لها ذات التردد، وتمر بقيم متقابلة في اللحظة نفسها. (إشارتين بموجتين ضغطيتين تمتلكان نفس الذروة ونفس القعر في نفس اللحظة)

القواطع **Incisors**

الأسنان الأمامية في الفك السفلي والعلوي، يبلغ مجموعها ثمانية في الأسنان الكاملة.

عظم السندان **Incus**

العظم الوسط في العظيمات الأذنية.

متحول مستقل (مطلق) **Independent Variable**

المتحول المتغير في التجربة.

المطالة **Inertia**

صفة شيء نتيجة لكتلة يحتفظ من خلالها بحالة مستقرة أو سرعة على طول محور مستقيم طالما لم تؤثر فيه قوة خارجية.

عضلة سفلى قابضة **Inferior constrictor Muscle**

إحدى العضلات البلعومية الثلاث القابضة، تعمل أليافها كصمام يفصل البلعوم الحنجري عن المريء.

العضلات الطولانية الداخلية (السفلى) **Inferiot-longitudinal Muscles**

عضلات لسانية تعمل على ضغط قمة اللسان.

Intensity **الشدة**

مقدار صوتي معبراً عنه في القدرة أو الضغط.

Intensity level **مستوى الشدة**

قوة الإشارة، ديسبلات مشتقة من نسبة القوة. القوة المرجعية العادية تساوي إلى 10-16 واط في السنتمتر المربع الواحد

Interarytenoid **بين الغضاريف الطرجهارية**

تشكل عضلات الغضروف المنحرف، والغضروف المستعرض مجتمعة عضلات بين الغضاريف الطرجهارية. تعمل أثناء الجذب نحو المحور.

Inter chondral **بين الغضاريف**

تستخدم للدلالة على أجزاء العضلات الوربية/ المنحرفة بين أجزاء الأضلاع الغضروفية.

Inter costal Muscles **العضلات الوربية/ المائلة**

تقع بين الأضلاع، وتعمل أثناء التنفس.

Interference pattern **نمط متداخل**

عرض موجة مركبة.

Internal Auditory Meatus **القناة الأذنية الداخلية (الصماخ السمعي الداخلي)**

قناة من قاعدة العقدة الأذنية التي تنفتح باتجاه التجويف القحفي، ومر للعصب الثامن، والشرايين والأوردة البصرية والعصب الوجهي السابع.

Internal Feedback **تغذية إرجاعية داخلية**

نظام معلومات حول تنفيذه المبرمج ضمن مركز الضبط والحلقات الواقعة بين بطينات المخ، والمراكز العصبية العقدية القاعدية والمخيخ أثناء الكلام.

Internal Intercostal Muscles **العضلات الوربية الداخلية**

عضلات تصل الأضلاع ببعضها، تعمل معظمها على خفض الأضلاع أثناء الزفير.

Internal obliques **العضلات المائلة (المنحرفة) الداخلية**

عضلات بطنية تنحدر نحو الأسفل والخلف على طول الجدران الجانبية.

Internal pterygoid Muscle **العضلة الجناحية الداخلية**

Intonation **التنغيم**

تغيرات مفهومة/ محسوسة/ في التردد الأساسي بنمط التغير والإشتقاق في الكلام المتصل.

Intraoral pressure **الضغط الهوائي الفمي**

ضغط هوائي في التجويف الفمي.

Inverse Square law **قانون التربيع العكسي**

(أي قانون تتغير فيه كمية فيزيائية بتغير المسافة الفاصلة عن المنبع بنسبة مقلوب مربع تلك المسافة). تتغير الشدة الصوتية مباشرة بمربع المسافة عن المصدر.

J

Juncture **الوصل**

الوصل بين الكلمات. تغير نقاط الوصل يشير إلى اختلاف في المعنىٰ تختلف (a name) عن an aim) في نقطة الوصل.

K

Kinesthesis **جهاز حسّي حركي**

إدراك المرء لحركاته بنفسه معتمداً على معلومات من المستقبلات الذاتية.

L

Lag Effect **تأثير التأخير (التخلف)**

تحديد أكثر دقة للمؤثر الأخير مقدماً في اختيارات سمعية ثنائية.

Laminographic Technique **تصوير إشعاعي مقطعي**

طريقة تصوير شعاعي تنعكس فيها عدة مصادر للأشعة السينية على صفيحة تثمر في تحديد أفضل للنسج الناعمة.

Language **اللغة**

الكلمات وقواعد جمعها عند مجموعة ما من الناس.

Laryngeal Ventricle **البطين البلعومي - الحنجري**

الفراغ بين الحبال الصوتية الحقيقية والزائفة، يسمىٰ أيضاً ببطين مورغاغني.

المنظار البلعومي - الحنجري **Laryngoscope**

مرآة ومصدر ضوئي لرؤية الحنجرة من الأعلى.

جانبي **Lateral**

صوت يخرج فيه النفس (الملفوظ) حول أطراف اللسان /l/.

العضلات الحلقانية - الطرجهارية الداخلية **Lateral crico arytenoid Muscles**

عضلات تعمل على ضغط قسم المزمار الأوسط من خلال تدوير الغضاريف الطرجهارية.

كبت (منع) جانبي **Lateral inhibition**

عزل مؤثر في الغشاء القاعدي بسبب منع الإستجابة في الخلايا العصبية المحيطة بنقطة الإثارة القصوى.

العضلات الظهرية العريضة **Latissimus Dorsi Muscles**

عضلات عريضة كبيرة تتوضع على ظهر الجسم على كل طرف من العمود الفقري، تعمل أثناء التنفس القسري.

رخو (صوائت) **Lax (vowels)**

صفة صوتية خاصة بالصوائت الصادرة بلسان مرتفع نسبياً بالمقارنة مع الصوائت المشدودة، وبفترات (مدى) أقصر.

العضلة الحنكية الرافعة **Levator palatini Muscle**

عضلة تشير إلى الحنك الرخو وتشكل معظمة، يرفع انقباضها ويرجع الحنك الرخو بنحو الجدار البلعومي.

العضلات الضلعية الرافعة **Levatores costarum Muscles**

إثنا عشر زوجاً من العضلات الصغيرة المثلثية الشكل. تساعد في التنفس من خلال قبض ورفع الأضلاع.

مقياس خطي **Linear scale**

مقياس تساوي فيه كل وحدة التي تليها. يسمح بجمع الوحدات من خلال الإضافة.

الكفاءة اللغوية **Linguistic competence**

ما يعرف المرء عن نفسه لاشعورياً، مقدرة فهم وإصدار اللغة.

الإداء اللغوي **Linguistic performance**

كيف تستخدم المعرفة اللغوية في سلوك تعبيري كالكلام أو الكتابة.

متوسط سائل **Liquid**

في الإنجليزية /L/ و /r/، إثنان من أنصاف الصوائت بسمع /جهر/ عالٍ نسبياً.

مقياس لوغارتمي **Logarithmic scale**

مقياس يعتمد على مضاعفات رقم ما (الأساس).

أثر لومباردو **Lombardo Effect**

زيادة الشدة الصوتية عند متكلم لا يسمع نفسه.

موجة طولية **Longitudinal wave**

موجة تكون فيها حركة الجزئيات في نفس حركة الموجة.

الجهارة **Loudness**

الإحساس الشخصي النفسي للشدة الصوتية.

M

المطرقة **Malleus**

أكبر عظيمات الأذن الوسطى الثلاثة وأكثرها خروجاً (بروزاً).

عظم الفك السفلي **Mandible**

طريقة، أسلوب (نطق) **Manner**

تصنيف الصوامت بناءً على الإستراتيجية عوضاً عن مكان النطق، فعلى سبيل المثال، يختلف الإحتكاكي /s/ عن صوت الوقف /t/ في طريقة النطق.

مقياس الضغط **Manometer**

جهاز يستخدم لقياس ضغط السوائل أو الغازات.

قبضة المطرقة **Manubrium**

أكبر بروز في المطرقة يتصل به الغشاء الطبلي.

عظم الفك العلوي **Maxillary Bone**

واحداً من زوج من العظام تشكل الفك العلوي، وغالباً يعتبران عظماً واحداً.

الضغط الزفيري الأقصى **Maximum Expiratory pressure**

القوى السلبية والإيجابية المتوفرة مجتمعة أثناء الزفير في حجم رئوي معين.

الضغط الشهيقي الأقصى **Maximum Inspiratory Pressure**

القوى السلبية والإيجابية المتوفرة مجتمعة أثناء الشهيق في حجم رئوي معين.

العضلة الجناحية الوسطى **Medial pterygoid Muscle**

عضلة على الجانب الداخلي من الفك، تعمل أثناء الكلام على إغلاق الفك.

النخاع المستطيل **Medulla oblongate**

ذلك القسم الدماغي الذي يقع تحته الحبل الشوكي وفوقه الجسر (الدماغي). يتوضع بكشل باطني بالنسبة للمخيخ.

الميل **Mel**

وحدة قياس الطبقة الصوتية، وتساوي ألف مرة ضعف ارتفاع صوت نغم بسيط ذي تردد 1000 هرتز وجهارة تساوي 40 ديسبل فوق عتبة السمع.

تخلف عقلي **Mental Retardation**

حالة يؤخر أو يمنع فيها تخلّف عقلي التعلّم أو التكيف.

التبادل المزدوج **Metathesis**

تبادل الأصوات، أو المقاطع أو الحروف في كلمة.

عضلة قابضة وسطى **Middle constrictor Muscle**

العضلة الوسطى من ثلاثة عضلات بلعومية قابضة تعمل على تضييق البلعوم أثناء البلع.

الأذن الوسطى **Middle Ear**

تجويف صغير يحتوي على العظيمات الثلاث: المطرقة، والسندان والركابي وتعمل كمحوّل معاوقة يساوي بين الهواء وسائل القوقعة الأذنية.

المنولوج **Monologue**

مناجاة النفس.

المورفيم **Morpheme**

أصغر وحدة لغوية معنوية. تحتوي كلمة «books» على مورفمين «book» و (s) التي تعني أكثر من واحد.

مورفيمي **Morphological**

دراسة شكل الكلمات متأثرة بالتصريف والإشتقاق.

حركي **Motor**

مركز عضلي أو عصبي يسبب في تحرك ما.

النظرية الحركية **Motor Theory**

نظرية وضعها آ. م. ليرمان تقول بأن إدراك الكلام يرجع إلى إصدار الكلام.

وحدة حركية **Motor unit**

العضلات المغزلية **Muscle Spindles**

ألياف عضلية متخصصة مزودة بتعصيب حسي يشير إلى طول العضلة وأية تغيرات تطرأ عليه.

النخاع **Mylin**

مادة دهنية بيضاء تغمد العديد من الأعصاب القحفية والشوكية.

نظرية الصوت التحريكية المرنة **Myoelastic Aerodynamic Theory of Phonation**

نظرية تقول بأن سبب ذبذبة الحبال الصوتية الأساسي يعود لقوى الضغط الهوائية الفاعلة على كتلة الحبال الصوتية المرنة.

N

الأصوات الأنفية **Nasal Sounds**

تلك الأصوات الصادرة. ويكون فيها الميناء الأنفي ـ البلعومي مفتوحاً.

الترددالرنيني الطبيعي **Natural Resonat Frauency**

ذلك التردد الذي يتذبذب به نظام بسعة قصوى عندما تطبق ترددات مختلفة.

تغذية إرجاعية سلبية **Negative Feedback**

عصبٌ **Nerve**

حزمة من أليف عصبونات تنقل نبضات عصبية من جزء من الجسم إلى جزء آخر.

عصبون **Neuron**

إحدى الخلايا التي يتألف منها الدماغ، والحبل الشوكي والأعصاب.

O

العضلة الطرجهارية المائلة **Oblique Arytenoid Muscle**

عضلة تغلق المزمار من خلال تقريب الغضاريف الطرجهارية نحو بعضها، وتشكل مع العضلات الطرجهارية المستعرضة ما بين الغضاريف الطرجهارية.

إختبار الكرة الفردية **Odd ball Test**

إجراء في اختبار التميز يطلب من المستمع فيه أن يشير أو يحدد المؤثر الذي يختلف عن المؤثرين الباقيين في مجموعة من ثلاث مؤثرات.

نشوء الفرد **Ontogeny**

تاريخ التطور الكامل لعضو بمفرده.

نظام الحلقة (الدارة) المفتوحة **Open loop system**

نظام تغذية أمامية دون الإستفادة من تغذية إرجاعية عن الاداء.

تعلم شرطي (مقيد) **Operant conditioning**

عملية يزداد بواسطتها تردد إستجابة معتمداً على متى، وكيف، وكم هي معزّزة.

التجويف الفمي **Oral cavity**

الفراغ داخل الفم.

معرفة الأشياء عن طريق اللمس (داخل الفم) **Oral stereognosis**

تمييز أو إدراك أشكال أشياء من خلال تحسّسها داخل الفم.

العضلة المدارية الفمية **Orbicularis oris Muscle**

مصرّة الفم التي تنقبض لتزمّ أو تضيق أو تغلق الشفاه.

احداثي ثان (الصاد ي) **Ordinate**

المسافة العمودية لنقطة (x,y) في المستوى عن المحور السيني.

عضو كورتي **Organ of Corti**

عضو حاسة السمع الذي يقع فوق الغشاء القاعدي، ويحتوي على الخلايا الحسّية الشعرية التي تثار بحركات من داخل قناة القوقعة الأذنية.

كاشف إهتزازي بالأشعة المهبطية **Oscilloscope**

جهاز يعرض قوة/ قدرة إشارة كهربائية كوظيفة (دالّة) زمنية. ويستخدم شعاع مهبطي لتحليل أشكال الموجات.

عظمي **Osseous**

عظمي أو يحتوي على العظام.

عظيمات **Ossicles**

عظيمات صغيرة، خصيصاً عظيمات الأذن الوسطى الصغيرة، المطرقة، والسندان. والركابي.

سلسلة العظيمات **Ossicular chain**

مجموع عظيمات الأذن الوسطى الثلاث، المطرقة، والسندان والركابي.

النافذة البيضوية **Oval window**

غشاء بين الأذن الوسطى والداخلية يصل ويمرر الذبذبات من العظم الركابي إلى سوائل القوقعة الأذنية. يسمى أيضاً بالنافذة الدهليزية.

P

العضلة الحنكية ـ اللسانية **Palatoglossus Muscle**

عضلة لسانية خارجية ترفع مؤخرة اللسان، ويمكنها أن تخفض الحنك الرخو، وتسمى أيضاً العضلة اللسانية ـ الحنكية. تشكل العضلات الحنكية ـ اللسانية معظم داخل (جوف) العواميد الحنكية.

تصوير الحنك **Palatography**

أسلوب يتبع في قياس نقاط التماس بين اللسان والحنك.

المعاملة المتوازية **Parallel processing**

النطق المشترك والتكيف بين الأصوات المتجاورة في إصدار الكلام، وفك الرموز الآني أو المتزامن للأصوات الكلامية المتجاورة في إدراك الكلام.

فص جداري **Parietal lobe**

فص في مركز المخ الأعلى خلف شق (فطر) رولاندو وفوق شق (فطر) سيلفيس.

عضلة صدرية صغرى **Pectoralis Minor Muscles**

عضلة نحيفة منبسطة مثلثية الشكل تقع تحت غطاء العضلة الصدرية الكبرى. يمكنها أن ترفع الأضلاع أثناء التنفس إذا ثبت لوح الكتف.

لف الأذن **Perilymph**

السائل الذي يملء الفراغ بين التيه الغشائي والتيه العظمي في الأذن.

فترة (مدى) **Period**

الزمن المستغرق خلال دورة واحدة من الذبذبة.

دوري **Periodic**

يحدث بفواصل زمنية متساوية.

الجهاز العصبي الثانوي **Peripheral Nervous system**

يتألف من العقد العصبية، والأعصاب خارج الدماغ والحبل الشوكي.

ضفيرة بلعومية **Pharyngeal plexus**

شبكة من الأعصاب يقوم من خلالها العصب البلعومي ـ اللساني بتزويد غشاء البلعوم اللزج بالفروع الحسية، ويزود العصب الملحق العضلة الحنكية الرافعة بالألياف الحركية.

البلعوم **Pharynx**

التجويف البلعومي، مؤلف من البلعوم الأنفي، والبلعوم الفمي والبلعوم الحنجري.

الفون **Phon**

وحدة الجهارة المتساوية.

نطق، لفظ **Phonation**

إصدار صوت في الحنجرة.

صوت كلامي محدد **Phone**

صوت كلامي محدد. فالألفون، أو نوع من الفونيم، فـ [tʰ] المهموسة و [t] هما من الفونات للفونيم /t/

الفونيم **Phoneme**

عائلة صوتية تعمل في لغة لتشير إلى اختلاف في المعنى.

صوتي **Phonetic**

يمثل الأصوات الكلامية.

خاص بعلم الأصوات الكلامية (فونولوجي) **Phonological**

دراسة نظام الأصوات المستخدمة في اللغة؛ دراسة تاريخ وتغيرات الأصوات في لغة ما.

كهر - ضوئي **Photoelectric**

تغيرات كهربائية تصدر عن ضوء.

العصب الحجابي **Phenric Nerve**

عصب حركي ينشأ من الأجزاء الرقبية (الثالث والرابع والخامس) للحبل الشوكي، يزوّد الحجاب الحاجز بالأعصاب.

تطور السلالات **Phylogen y**

التاريخ التطوري الكامل لعرق أو مجموعة من الأعضاء.

طبقة الصوت **Pitch**

الإحساس الشخصي النفسي للتردد الصوتي. يصدر صوت بتردد منخفض إدراكاً أو إحساساً بطبقة صوت منخفضة.

مكان النطق **Place of Articulation**

يعتمد تقيم الأصوات على مكان اللمس النطقي أو التضييق، فعلى سبيل المثال، يختلف الصوت الشفوي /p/ عن اللثوي /t/ بمكان النطق.

النظرية المكانية **Place Theory**

تثير الترددات المختلفة الألياف العصبية الحسية في أماكن مختلفة في الغشاء القاعدي. تنشط الترددات العالية المناطق القريبة من قاعدة القوقعة الأذنية، بينما تثير الترددات المنخفضة المناطق القريبة من النهاية العليا.

صوت وقف - انفجاري **Plosive**

نموذج صامتي يُصنع بتحرير الهواء المضغوط وراء انسداد في المجرى الصوتي فجأةً.

مخطط التنفس **Pneumotachograph**

جهاز يستخدم لقياس التنفس.

الأقطاب **Poles**

مصطلح هندسي للدلالة على الرنين

الجسر **Pons**

حزمة كبيرة مستعرضة من الألياف العصبية في الدماغ الخلفي تشكل الجذع المخيخي وتلف الدماغ المستطيل.

أنظر التغذية لإرجاعية (تغذية إرجاعية موجبة) **Positive Feedback**

العضلات الحلقانية الطرجهارية الخلفية **Posterior Crico arytenoid Muscles**

عضلات تفصل (تعزل) الحبال الصوتية عن تدوير وميل الغضاريف الطرجهارية مما يؤدي إلى فتح المزمار.

الضغط **Pressure**

القوة على وحدة المساحة.

محول الضغط **Pressure Transducer**

جهاز يحول الضغط النسبي إلى إشارة كهربائية.

السمات الإيقاعية (النظمية) **Prosody**

وصف النظم وأنماط النغمة في الكلام.

غشاء الجنْب **Pulmonary pleura**

غشاء يكسو أو يغطي الرئتين.

نغمة خالصة (غير مركبة)، بسيطة **Pure tone**

صوت يتألف من ذبذبة ترددية واحدة فقط.

المجرى الهرمي **Pyramidal Tract**

ممر رئيس لنقل الإشارات الحركية من اللحاء الحركي.

Q

نظرية مُحكَمة **Quantal theory**

نظرية وضعها ك. ن. ستيفنز تقول بأن هناك انقطاعات محكمة في خرج المجرى الصوتي السمعي.

R

Rarefaction **خلخلة**

منطقة من الموجة بين انضغاطتين يكون فيها ضغط الوسط الناقل منخفضاً.

Rationalist **عقلاني**

من يعتمد في نتائجه وخلاصاته على العقل والتفكير العقلي دون الأحاسيس.

Real Time spectral Analyzer **محلل طيف الوقت الحقيقي**

جهاز يعرض، يكشف مكونات الإشارة المركبة الترددية.

Recency Effect **تأثير الحداثة**

يميل الناس إلى تذكر آخر مفردة (أكثرها حداثة) في قائمة بجاهزية تفوق تذكر المفردات الأخرى في نفس القائمة.

Rectify **تحويل**

تحويل أو عكس اتجاه النبضات المتناوبة. تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر.

Rectus Abdominis Muscle **عضلة البطن المستقيمة**

عضلة بطنية رئيسية تسير بشكل عامودي مع خط وسط الجدار الداخلي.

Recurrent Nerve **العصب الراجع (المعاود)**

ذلك الفرع من العصب المبهم (العاشر) الذي يعصب كل عضلات الحنجرة الحقيقية ما عدا العضلة الحلقانية ـ الدرقية؛ ويسمى أيضاً العصب البلعومي الداخلي.

Relaxation Volume **حجم ارتخائي**

كمية هوائية في الرئتين عند نهاية الزفير أو أثناء التنفس العادي؛ وذلك حجم هوائي يتساوى فيه ضغط هواء الرئتين مع الضغط الخارجي ويساوي حوالي 40% من السعة الحيوية.

Resonance **رنين**

استجابة مذبذبة لقوة فاعلة.

Restricted code **رمز (شيفرة) محددة**

مصطلح برنشتاين لكلام أولئك الذين يفترضون أن المستمع مُلمّ بالسياق.

انثناء خلفي ـ انحناء خلفي **Retro Flex**

انحناء رأس اللسان نحو الخلف بشكل نموذجي في إصدار /R/ في الأنجليزية الأمريكية.

تَرداد ارتداد **Reverberate**

أن ينعكس الصوت عدة مرات، كالموجات الصوتية من جدران فراغ محصور (محدد)

أضلاع **Ribs**

أثناء عشر زوجاً من العظام تمتد بشكل بطني من الفقرات الصدرية الأثني عشر وتطوق الصدر.

ميزة الأذن اليمنى **Right-Ear Advantage**

يحدد المستمعون عادة المنبه المغذى الى الأذن اليمنى بشكل أدق أو أصح من ذلك المغذى الى الأذن اليمنى في اختبارات السمع الثنائية.

S

العضلة الأخمعية الوسطى **Scalenus Medius Muscle**

احدى ثلاث أزواج من العضلات على كل طرف من العنق، تتصرف من الأعلى، ويمكنها أن ترفع الضلع الأول من أجل التنفس.

Scapula

لوح منبسط مثلثي الشكل يكوّن قفا الكتف

قسم **Section**

نوع خاص من الطيف يظهر الطيف السعوي لقسم يستغرق وقتاً صغيراً للغاية من الإشارة.

علم دلالات الألفاظ وتطورها **Semantics**

دراسة المعاني، وتطور معاني الكلمات.

قنوات نصف ـ دائرية **Semicircular Canals**

انظر النظام الدهليزي.

حس (عصب) **Sensory**

عصب ثانوي ينقل نبض من عضو حسي نحو الجهاز العصبي المركزي يسمى أيضاً بالعصب الصادر.

المضلة الخلفية ـ العلوية المسننة. **Serratus postexior superior muscce**

عضلة تمتد بشكل مائل نحو الأسفل والجنب من القسم العلوي من منطقة الصدر من العمود الفقري الى الحدود العليا من الأضلاع العليا التي ترتفع اثناء التنفس.

آلية تحكم أتوماتيكي **ServoRechanism**

آلة اتوماتيكية تقوم بتصحيح تنفيذها أو إداءها بنفسها.

الأصوات الصفيرية **Sibilants**

الأصوات الكلامية الاحتكاكية العالية الترددات كـ /s/ أو /ʃ/ وقرينيهما المجهوران.

حركة توافقية بسيطة **Simple Harmonic Motion**

حركة دورية تذبذبية حيث تتناسب كمية أو مقدار التحريك من نقطة التوازن مع القوة التي تحاول اعادتها الى نقطة أو وضع التوازن.

موجة جيبية **Sine wave**

ذبذبة جيبية تمتلك نفس التمثيل الهندسي لدالة جيبية.

مصطلح في برمجة الحاسوب **Soft ware**

السون (وحدة قياس الجهارة) **Sone**

وحدة قياس الجهارة تساوي نغمة ترددها كيلوهرتز واحد وبجهارة قدرها 40 ديسبل فوق عتبة السمع المطلقة (وحدة للجهارة تساوي جهارة نغم بسيط يبلغ تردده 1000 هرتز، وتساوي سوّية ضغطه الصوتي 40 ديسبل فوق عتبة السمع المطلق أي: 0,0002 ميكروبار)

الصوت **Sound**

الاحساس الناتج عن اثارة أعضاء السمع بواسطة ذبذبات تنقل عبر الأذن أو أي وسط آخر.

مستوى الضغط الصوتي **Sound pressure level**

قيمة بالديسبل تساوي 20 ضعف اللوغارتم بالقاعدة 10 لنسبة ضغط الصوت قيد الدرس الى ضغط مربعي، إن الضغوط المرجعية الشائعة الأستعمال هي 0,0002 ميكروبار أي $\frac{0,0002}{\text{اسم}^2}$ داين.

Sound spectrogram **الطيف الصوتي**

النسخة الصلبة التي يصدرها راسم طيف صوتي.

Sound spectrograph **راسم طيف صوتي**

جهاز ينتج نسخة صلبة للإشارة، يمثل فيها التردد على المحور الاحداثي الصادي، والزمن على المحور السيني، ويشار الى الشدة بالظلمة النسبية.

Sound wave **موجة صوتية**

موجة طولية في وسط مرن، تصدر الموجة إحساساً مسموعاً.

Source function **الوظيفة الأساسية**

أصل القدرة السمعية في الكلام، فهي الحبال الصوتية في حالة الصوائت، أما في الصوامت غير المجهورة في المجرى الصوتي والصوامت المجهورة فهي الحبال الصوتية والمجرى الصوتي نفسه.

Spasticity **شلل**

انقباض لا إداري في عضلة أو مجموعة عضلات يسفر عن حالة من التصلب أو القساوة.

Speech perception **إدراك الكلام**

Spinal Nerves **أعصاب الحبل الشوكي**

واحد وثلاثون عصباً على هيئة ازواج تخرج من الحبل الشوكي وتعصّب بناء الجسم بالأعصاب (انظر الملحق ـ 3 ـ للتوضيح).

Spirometer **مقياس هواء التنفس**

جهاز لقياس حجم الهواء الممكن إدخاله أو اخراجه من الرئتين.

Spoonerism **السبونرية**

تبادل بين الصوت الأول في كلمتين (أو أكثر) في عبارة. سميت على اسم مكتشفها وليام .أ. سبونر.

Stapedius Muscle **العضلة الركابية**

عضلة تغير حركة العظم الركابي في النافذة الدهليزية.

Stapes **العظم الركابي**

العظم الداخلي من العضميات الأذنية السمعية الثلاث

Sternocleidomastoid Muscle **العضلة القصية الترقوية الخشائية**

عضلة مزدوجة تسير موازية عبر الرقبة وتساعد في التنفس المقسور من خلال رفع عظم القص.

Sterno hyoid muscle **العضلة القصية ـ اللامية**

عضلة بلعومية جوهرية تُخفض العظم اللامي والحنجرة: احدى العضلات المطوقة.

Sternum **عظم القص**

Stimulus onset Asynchrony **بداية غير متزامنة للمنبه**

فاصل زمني بين بدايتي منبهينّ قدما بشكل ثنائي.

Stop **صوت وقف**

Storage oscilloscope **كاشف اهتزازت مخزّن**

كاشف اهتزازات يستطيع ابقاء الصورة فترة زمنية تتراوح بين عدة دقائق وعدة أيام أو إلى حين محْوها أو إزالتها قصداً لإتاحة المجال لصورة جديدة.

Strain Gauge **مقياس الأنفعال**

محول يحول الأنماط الحركية الى انماط كهربائية فولطية.

Stroboscope **مخيال**

جهاز يصدر ومضات قصيرة ضوئية بتردد محكم.

Stylo glossus muscle **عضلة لسانية ـ ابرية**

احدى عضلات اللسان الثانوية ترفع اللسان الى الأعلى والى الخلف.

Subclavius muscle **عضلة تحت ـ ترقوية**

عضلة صغيرة منبسطة نسبياً تقع تحت الترقوة وتساعد في التنفس من خلال رفع الضلع الأول.

Subglottal air pressure **ضغط الهواء التحتحنجري**

ضغط الهواء تحت الحبال الصوتية.

Superior constrictor muscle **العضلة العليا القابضة**

أعلى ثلاث عضلات بلعومية قابضة تتصرف لتضييق الحنجرة اثناء البلع. يمكن أن تساعد في الأغلاق البلعوي ـ الأنفي اثناء الكلام.

Superior longitudinal Muscle — العضلة الطولية العليا

عضلة لسانية ـ جوهرية تعمل في لف قمة اللسان نحو الأعلى.

Supra segmental Features — سمات فوقطعية

تتوضع فوق الوحدات الكلامية، حيث يُدّل على المعنى بواسطة النبرة، والوصل، والتنغيم

Syllabic consonant — صامت مقطعي

صامت يشغل مكان نواة المقطع.

Syllabic nuclei — نوى المقطع

أقسام المقطع الصوتية الثابتة الحالة نسبياً.

Syllble — مقطع

وحدة كلامية تتألف من صائت بمفرده أو مضافاً إليه صامت أو أكثر.

Synapse — اشتباك عصبي

المكان الذي يحتك فيه المحور العصبي لعصبون ما بغصينات عصبون آخر أو تجلية جسدية ويؤثر فيهما.

Santagma — السنتجما

العبارة الكلامية غير المتقطعة.

Syntax — علم النحو (اصول التركيب)

مجموعة القواعد اللازمة لتركيب تعابير أو جمل مسموح بها في لغة معينة.

T

Tabula rasa — اللوح الأملس. العقل قبل تلقيه أية انطباعات خارجية

Tectorial membrane — غشاء ساتر، غشاء سقفي

غشاء لزج يغطي عضو كورتي.

Templete — قالب، نمط، معيّرية

Temporal Lobe — الفص الصدغي

القسم السفلي الجانبي من نصف المخ، يقع تحت فطر سيلفيوس.

مشدودة (صوائت) Tense

صفة صوتية للصوائت الصادرة بوقع لسان مرتفع نسبياً بالمقارنة مع الصوائت الرخوة وفترات أطول.

العضلات الوترة الحنكية Tensor palatini muscles

عضلات تفتح القناة السمعية، ويمكن أن توتر الحنك الرخو.

العضلة الموترة للطبلة Tensor tympani

عضلة توتر غشاء الطبلة.

المهاد Thalamus

مادة سنجابية تقع في قاعدة المخ، يعتقد انها مهمة في الكلام.

الأعصاب الصدرية Thoracic nerves

اثناء عشر زوجاً من الأعصاب الشوكية تخرج من أجزاء الحبل الشوكي في منطقة الصدر.

الصدر Thorax

ذلك القسم من الجسم بين الرقبة والبطن، يفصله عن البطن الحجاب الحاجز.

العضلة الدرقية ـ الطرجهارية Thyro arytenoid muscle

عضلة بلعومية جوهرية تقصر وتوتر الحبال الصوتية، تتألف من أجزاء خارجية وأخرى داخلية، وتؤلف قسماً من الحبال الصوتية.

الغضروف الدرقي Thyroid

غضروف حنجري كبير على هيئة قوقعة. اكبر الغضاريف الحنجرية عند الانسان، يكوّن تفاحة آدم.

العضلة الدرقية ـ اللامية Thyrhoid muscle

عضلة تتأصل في جانب الغضروف الدرقي وتنغمس في قرن العظم اللامي الكبير. تعصبها الأعصاب الرقبية العليا وتعمل على رفع وتغيير شكل الحنجرة.

الحجم المدّي Tidal volume

كمية الهواء التي تستنشق وتطرد عادة في دورة تنفسية واحدة.

عزم الدوران Torque

قوة دوران تستخدم للدلالة على حلّ أوفك الأقسام الغضروفية في الأضلاع

الرغامى **Trachea**

القصبة الهوائية. انبوب من غضاريف على هيئة نعل فرس تصل حتى الرئتين.

وتَدَه **Tragus**

النتوء الموجود أمام فتحة الأذن الخارجية، زعنفة غضروفية صغيرة تغطي فتحة قناة الأذن الخارجية.

الوظيفة التحويلية **Transfer Function**

اسهام رنين المجرى الصوتي في تحويل الوظيفة الأساسية (ذبذبة الحبال الصوتية) الى الأصوات الكلامية الناتجة.

عابر، زائل، مؤقت **Transient**

زائل، حدث سمعي قصير المدى.

إضاءة عابرة **Transillumination**

طريقة لقياس الفتحة المزمارية بطريقة غير مباشرة.

تحول، انتقال **Transition**

تحول، انتقال في تردد التشكيل الموجي المميز.

العضلة الطرجهارية المستعرضة **Transverse arytenoid muscle**

عضلات اللسان المستعرضة **Transverse muscle of th tongue**

عضلات لسانية جوهرية تعمل في تضييق جسم اللسان.

موجات عرضانية **Trans verse waves**

نموذج موجي تكون فيه حركة الجزئيات عمودية مع حركة الموجة.

عضلات بطنية مستعرضة **Transversus abdominis muscle**

عضلات بطنية تمتد أفقياً عبر الجدران.

نظرية الموجة المرتحلة **Travelling wave theory**

نظرية تقول بأن القوقعة الأذنية تحلل الأشارات السمعية القادمة إلى مكوناتها الموجية المرتحلة.

تمييز بنقطتين **Two-point discrimination**

المقدرة على تمييز نقطتين متشابهتين بشكل كبير على أنهما منفصلتان.

الغشاء الطبلاني **Tympanic Membrane**

غشاء الطبلة، غشاء ليفي في نهاية القناة الأذنية الخارجية. تنقل استجابته إلى عظيمات الأذن الوسطى.

U

فوق صوتي **Ultra sound**

موجات فوق صوتية (فوق الترددات المسموعة بشرياً). طريقة في قياس الحركة تقوم على قذف بناء أو تركيب بموجات فوق صوتيه.

منبه، حافز غير مشروط **Uncanditioned stimulus**

حافز يحدث استجابة بشكل طبيعي في التكييف الكلاسيكي. وهو مسحوق اللحم الذي يثير أو يسبب سيلان اللعاب في تجربة بافلوف.

اللهاة **Uvula**

كتلة لحمية صغيرة تتعلق من مؤخرة الحنك الرخو.

V

سرعة **Velocity**

تغير المكانة على محور الزمن.

الأغلاق البلعوي - الأنفي **Velo pharyngeal closume**

اغلاق الممرات الأنفية من التجويف الأنفي بواسطة رفع اللهاة مقابل البلعوم.

الميناء البلعومي - الأنفي **Velo pharyngeal port**

الممر الذي يصل التجاويف الأنفية بالتجويف الأنفي.

الحنك الرخو **Velum**

الحبال الصوتية الكاذبة **Ventricular folds**

الثنايا الواقعة فوق الحبال الصوتية الصحيحة.

تحول لفظي **verbal transformation**

تغيرات في الأدراك السمعي للفظ متكرر.

فقرات **Vertebrae**

فقرات العمود الفقري

عضلات رأسية **Vertical muscles**

الياف عضلات لسانية جوهرية تعمل على بسط اللسان.

نظام دهليزي **Vestibular system**

ثلاث قنوات في الأذن الداخلية تحتوي على أعضاء حس التوازن.

دهليز **Vestibule**

التجويف المركزي للتيه العظمي في الأذن. تجويف يقع عند مدخل القوقعة الأذنية، يحتوي على القربية والكييس، وهي أعضاء تستجيب للتسارع الخطي.

السعة الحيوية **Vital capacity**

الحجم الهوائي الكامل الذي يمكن طرده من الرئتين بعد شهيق عميق

صرير صوتي **Vocal fry**

أسلوب صوتي تهتز فيه الحبال الصوتية بتردد منخفض جداً بحيث يمكن سماع كل ذبذبة من ذبذبات الحبال الصوتية بمفردها.

المجرى الصوتي **Vocal tract**

كامل التجاويف الواقعة فوق الحنجرة وتستخدم كمرنان متحول: وتضم التجاويف الفمية، والوجنية، والبلعومية والأنفية.

العضلة الصوتية **Vocalis muscle**

الجزء الداخلي من العضلة الدرقية - الطرجهارية؛ الجزء المختصر من الحبال الصوتية.

بداية استهلال الجهر **Voice onset time (Vot)**

الفاصل الزمني بين تحرير صوت الوقف الانفجاري - مجهور أو غير مجهور - وبداية جهر الصائت اللاحق.

صوت (جهر) **Voicing**

إصدار الصوت عن طريق ذبذبة الحبال الصوتية.

نظرية الرشق العصبي **Volley Theory**

تنقل المعلومات الترددية مباشرة من خلال اطلاق العصبونات. وفي حال كون الترددات أعلى من مقدرة إطلاق العصبونات منفردة، تتعاون، عندئذٍ، فيما بينها.

مقياس الفولط **Voltmeter**

جهاز يستخدم في قياس قوة محركة كهربائية مقاسة بالفولط.

W

Wade test — **اختبار أميتال الصوديوم**

اختبار يجرى في تحديد أي من قسمي الدماغ هو المتخصص في اللغة.

Watt — **الواط**

وحدة قياس القدرة الكهربائية مساوية الى واحد جول في الثانية.

Wave form — **شكل الوجه**

تمثيل صوري لحدث اهتزازي يظهر السعة كدّالة في الزمن، في نقطة ثابتة مكانياً.

Wave length (λ) — **طول الموجة**

المسافة الفراغية التي تحتلها دورة واحدة.

White matter — **المادة السنجابية**

مواد نخاعية في الجهاز العصبي المركزي.

Whorfian hypothesis — **نظرية وورف**

نظرية تقول بأن اللغة تقرر الى حد ما طريقة تفكير المرء.

Z

Zeroes — **مصطلح هندسي للرنين المضاد**

* * *

الفهرس

الاهداء 5
توطئة 6
تقديم 7

الفصل الأول

الكلام واللغة والفكر 13
الكلام 14
اللغة 15
الفكر 17
الفكر من دون لغة 18
الفكر واللغة 19
واللغة والكلام كناقل للفكر 20
تطور اللغة والكلام 22
نظرية التعليم واللغة نظرية التعلن واللغة 23
نظرية الفطرة 25
الكفاءة اللغوية 26
من الفكر إلى الكلام 29
مراجع الفصل الأول 36

الفصل الثاني

رواد علم الكلام 38
هيرمان ڤون هيلمهولتز: 39
الصفات السمعية الكلام 39
هيزي سوييت: 42
الصويتات السمعية 42
الكسندر جراهام بيل 43

تعليم الصم 43
هومر . و . دادلي 45
التركيب الالكتروني للتكلم المستمر 45
فرانكلين كوبر، آلفن برمان وبيير ديلاترة إدراك 48
إدراك الكلام وقارئة النمط 48
ومنذ ذلك الحين 51
مراجع الفصل الثاني 54

الفصل الثالث

السمعيات 55
النغمة البسيطة: مثال للحركة التناغمية البسيطة 56
التمثيل بالأرجوحة: مثالٌ عن تضاؤل السرعة في الحركة التناغمية البسيطة 59
حركة الجزئي في الصوت 61
حركة موجة الضغط في الصوت 63
المكونات الأساسية للصوت 67
أنماط التداخل 68
النغمات المركبة 70
التوافقيات: سمة النغمات المركبة الدورية 72
الإشارات المركبة اللادورية 75
التردد وطبقة الصوت 76
الدلسبل: مقياس الشدة النسبية 78
الشدة والجهارة 84
سرعة الصوت في الفضاء الخارجي 86
طول الموجة 87
الرنين 89
الصوتيات السمعية والكلام 92
مراجع الفصل الثالث 93

الفصل الرابع

إصدار الكلام 94

أسس الكلام العصبية 96

الدماغ 98

العصون 99

تحكم الجهاز العصبي بالكلام 104

السيونرية: دليل التخطيط القبلي 113

التنفس: 115

تحوير التيار الهوائي من أجل الأصوات الكلامية 115

تنفس الضغط السلبي 118

آلية التنفس 120

الشهيق 122

الشهيق الهادىء 122

أثناء الكلام 126

الزفير 127

في الصوت الدائم 129

أثناء الكلام 133

النطق: 140

تحويل الضغط الهوائي إلى صوت 140

نظرية التصويت التحريكية المرنة 141

هيكل الحنجرة العام 143

ضبط (تعديل) الحبال الصوتية أثناء الكلام 147

الصوامت غير المجهورة 148

الأصوات الكلامية المجهورة 150

الضغط الهوائي التحنجري 153

مبدأ (تأثير) برنولي 155

ذبذبة الحبال الصوتية 157

التردد الأساسي 159

جرس الصوت 162

العلاقة بين التردد والشدة 165

الخلاصة 166
النقط والرنين 169
المجرى الصوتي: برنان متغير ومصدر صوتي 196
الأصوات المصدرة 170
الأصوات المركبة 171
علاقات المجرى الصوتي المركبة 172
التجويف الفمي 173
اللهاة 175
اللسان 175
الشفاه 177
النظرية السمعية لإصدار الصوائت 178
رنين انبوب مفتوح من أحد طرفيه 179
رنين المجرى الصوتي عند الرجل 180
الصوائت: / i / ، /a/ و/ u / 184
الصائت الأمامي غير المدوّر 185
الصائت الخلفي المنخفض / a / 187
الصائت الخلفي العالي غير المدور/ u / 189
مثلث الصوائت 190
تأثير حجم المجرى الصوتي 192
العلاقة بين السمعيات وعلم وظائف الأعصاب 193
الصوائب المشدودة والصوائب الرخوة 197
إصدار الصوائت الثنائية 198
إصدار أنصاف الصوائت 199
المنباه الأنفي البلعومي (تحوير المجرى الصوتي) 203
إصدار الأصوات الأنفية 208
المجرى الصوتي مصدراً للصوت 211
أصوات الوقف (الانفجاريات) 211
الاحتكاكيات 217
أصوات الوقف الأحتكاكية 223

الأصوات الكلامية الانجليزية 224
التأثير الصوتي 226
التكيف (التطويع) 226
المماثلة 229
النطق المشترك (تكيف نطقي) 229
السمات فوق القطعية (النظمية) 231
النبر 233
التنغيم 234
الفترة (الأمد) والوصل 236
الأصوات الكلامية العربية 237
الشفوية 237
الشفوية ـ السنية 238
السنية 238
السنية ـ اللثوية 238
اللثوية 239
اللثوية ـ الحيكية 239
الحنكية اللثية 240
اللهوية 240
الحلقية 241
الحنجرية 241
طريقه النطق 242
أصوات الوقف 242
الوقف ـ الأنفي 242
الوقف ـ الفمي 243
الأحتكاكيات 243
الوقف ـ الاحتكاكية 244
الجانبي المجهور 244
تكراري ـ مجهور 244
إصدار أنصاف ـ الصوائت في العربية 245

الياء [iː] 245
الواو [uː] 246
إصدار الصوائت العربية 246
الكسرة القصيرة [i] والطويلة[iː] 246
الفتحة المحضة (القصيرة والطويلة) 247
الضمة المحضة(القصيرة والطويلة) 248
آليات التغذية الإرجاعية 250
التغذية الإرجاعية السمعية 251
التغذية الإرجاعية الموضعية 245
التغذية الإرجاعية الذاتية 256
التغذية الإرجاعية الداخلية 260
البحوث المتقدمة حول آليات التغذية الإرجاعية 262
نماذج إصدار الكلام 263
بيترسون وشوب: الصوتيات الفيزيولوجية والسمعية 264
تشومسكي وهالي: السمات المميزة 265
برمان: الرمز(الشيفرة) الكلامي: 267
الأهداف الكلامية: نظرية الهدف النظرية السمعية 269
نماذج التوقيت 270
نماذج التغذية الإرجاعية 272
إصدار جملة 276
أنموذج لإصدار الكلام 285
مراجع الفصل الرابع 287

الفصل الخامس

إدراك الكلام 292
المستمع 293
السمع 295
الأذن الخارجية 296
الأذن الوسطى 298

الأذن الداخلية 303
العصب السمعي 309
إدراك الكلام 310
دلائل سمعية في إدراك الكلام 311
الصوائت 311
الصوائت الثنائية 314
أنصاف الصوائت 315
الصوامت الأنفية 317
أصوات الوقف 319
الأحتكاكيات وأصوات الوقف ـ الأحتكاكية 328
دلائل للأسلوب والمكان والجهر 330
الفوقطعية 334
الإعتماد على السياق 336
الإدراك التصنيفي 337
دراسات ضمن اللغة وخارجها 341
دراسات الرضع 346
الدراسات على الحيوانات 349
التحليل الصوتي والسمعي 350
دراسات التكيف 351
الإدراك التصنيفي والتعليم 352
الإصدار والإدراك 354
وظائف الأعصاب في إدراك الكلام 357
التحديد الدماغي 357
الذاكرة وإدراك الكلام 263
التطور العصبي والإدراك 265
نظريات إدراك الكلام 366
النظرية النشطة (الفاعلة) 367
النظريات السلبية 370
النظرية المحكمة 373

مراجع الخامس 375

الفصل السادس

أجهزة البحث في علم الكلام 380
بحوث الملاحظة والتجربة 380
بعض الأجهزة 382
الصوتيات السمعية 383
تسجيل الكلام 383
تحليل شكل الموجة 387
التحليل الطيفي 390
الصوتيات الفيزيولوجية 396
التحليل التنفسي 397
الوظيفة الحنجرية 401
الحركة فوق ـ الحنجرية 407
النشاط العضلي 409
إدراك الكلام 411
لصق الشريط 411
محطة الإصغاء 412
استخدام الحاسوب في الصوتيات التجريبية 413
مراجع الفصل السادس 416

الفصل السابع

نشوء اللغة والكلام 417
الإطار الأجتماعي 419
متحاثات فصيلة الانسانيات 419
شروط متطلبات الادراك 424
لماذا الكلام 426
الإطار النفسي 428
لغة الشمبانزي 428

أغاني الطيور 431
لغة الأطفال 434
الاطار الحيوي 437
التخصص الدماغي 438
تغيرات المجرى الصوتي 439
حكاية محتملة 445
الخاتمة 450
مراجع الفصل السابع 452
ملحق رقم ـ ١ ـ
الأبجدية الصوتية للإنجليزية الأمريكية 453
ملحق رقم ـ ٢ ـ
الأعصاب القحفية الهامة في الكلام والسمع 454
ملحق رقم ـ ٣ ـ
الأعصاب الشوكية الهامة في الكلام 455
مسرد بمعاني المصطلحات 456